



BAHAN AJAR DASAR KESEHATAN LINGKUNGAN

Oleh :

Yulia Khairina Ashar

NIP. 19930731 201903 2 018

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUMATERA UTARA MEDAN
2020**

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. Alhamdulillah Rabbil ‘Aalamin, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan bahan ajar ini. Shalawat dan salam dengan ucapan Allahumma sholii ‘ala Muhammad wa ‘ala ali Muhammad penulis sampaikan untuk junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW.

Bahan ajar Dasar Kesehatan Lingkungan ini disusun untuk memenuhi kebutuhan mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat UIN Sumatera Utara Medan dalam menempuh mata kuliah Dasar Kesehatan Lingkungan. Modul ini disusun dengan kualifikasi merangkum semua materi teoritis.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa bahan ajar ini tentu punya banyak kekurangan. Untuk itu penulis dengan berlapang dada menerima masukan dan kritikan konstruktif dari berbagai pihak demi kesempurnaannya di masa yang akan datang. Akhirnya kepada Allah jualah penulis bermohon semoga semua ini menjadi amal saleh bagi penulis dan bermanfaat bagi pembaca.

Medan, Mei 2020
Penulis

Yulia Khairina Ashar

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
BAB 1 PENGANTAR DAN KONSEP EKOLOGI KESEHATAN LINGKUNGAN....	1
1.1 Pengantar, Sejarah dan Ruang Lingkup Kesehatan Lingkungan.....	1
1.2 Konsep Ekologi dan Kesehatan Lingkungan.....	11
1.3 Riwayat dan Konsep Terjadinya Penyakit Serta Peranan Lingkungan	15
BAB 2 HIGIENE DAN SANITASI	20
2.1 Defenisi dan Ruang Lingkup Higiene	20
2.2 Sanitasi Dasar	33
2.3 Persyaratan dan Indikator Sanitasi yang Memenuhi Syarat Kesehatan.....	37
BAB 3 ASPEK KESEHATAN DAN PENYEDIAAN AIR MINUM/ AIR BERSIH ...	38
3.1 Defenisi Air Minum/Air Bersih dan Sumber Air	38
3.2 Persyaratan Kuantitas Kualitas dan Kontinuitas Air Minum/Air Bersih.....	40
3.3 Penyakit yang Ditularkan Melalui Air.....	46
BAB 4 PENGELOLAAN LIMBAH CAIR DAN PADAT	50
4.1 Pengelolaan Limbah Cair	50
4.2 Pengelolaan Limbah Padat	58
BAB 5 PENCEMARAN UDARA	73
5.1 Defenisi dan Sumber	73
5.2 Jenis Polutan Udara	75
5.3 Dampak Pencemaran Udara	84
5.4 Pencegahan dan Pengendalian Pencemaran Udara.....	87
BAB 6 PENGENDALIAN VEKTOR.....	93
6.1 Defenisi dan Istilah terkait Vektor.....	93
6.2 Bionomik dan Ekologi Vektor.....	93
6.3 Penyakit yang ditularkan Vektor	99
6.4 Pengendalian Vektor Terpadu Terhadap Vektor Penyakit	106
BAB 7 HIGIENE DAN SANITASI MAKANAN DAN MINUMAN.....	117
7.1 Pengertian Higiene dan Sanitasi Makanan Minuman.....	117
7.2 Prinsip Higiene Sanitasi Makanan Minuman	118
7.3 Bahan Berbahaya Pada Makanan	126
7.4 Penyakit Bawaan Makanan dan Keracunan Makanan.....	129
DAFTAR PUSTAKA.....	132

BAB 1

PENGANTAR DAN KONSEP EKOLOGI KESEHATAN LINGKUNGAN

1.1 Pengantar, Sejarah dan Ruang Lingkup Kesehatan Lingkungan

Masa silih berganti, pada abad ke-19 terjadi Revolusi Industri di Inggris. Era industrialisasi ini menimbulkan masalah baru pada masyarakat Inggris berupa munculnya daerah pemukiman kumuh, akumulasi buangan dan kotoran manusia, masalah sosial dan kesehatan, yang terutama terjadi di kota-kota besar. Pada tahun 1832, terjadi wabah penyakit kolera yang dahsyat di Inggris dan membawa banyak korban jiwa manusia. John Snow (1854) melakukan penelitian epidemiologi terhadap wabah kolera yang terjadi di Broad Street, London, dan membuktikan bahwa penularan penyakit kolera yang terjadi di Inggris pada saat itu disebabkan oleh pencemaran *vibrio cholerae* pada sumber air bersih yang di konsumsi oleh masyarakat. Sejak saat itu, konsep pemikiran mengenai faktor-faktor lingkungan hidup eksternal manusia yang mempunyai pengaruh, baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap masalah kesehatan terus menerus dipelajari dan berkembang menjadi suatu disiplin ilmu yang disebut sebagai Ilmu Kesehatan Lingkungan atau *Envirommental Health*.

Usaha-usaha yang dilakukan oleh individu-individu, masyarakat atau negara untuk memperbaiki dan mencegah terjadinya masalah gangguan kesehatan yang disebabkan oleh faktor-faktor lingkungan hidup eksternal manusia disebut Sanitasi Lingkungan atau *Envirommental Sanitation*¹, diantaranya :

- a. Tahun 3000 SM (Minoa dan Kreta) dan 1500 SM (Mesir dan Yahudi) telah ada pembuangan air limbah, pengaturan air minum, WC umum.
- b. Zaman Romawi Kuno, ada semacam IMB, pencatatan hewan piaraan.

¹ Chandra, Budiman, 2007, *Pengantar Kesehatn Lingkungan*, Jakarta, Buku Kedokteran M.N.Bustan, 2006, *Pengantar Epidemiologi (Edisi Revisi)*, Jakarta, P.T.Rineka Cipta

- c. Abad I-VII : mulai memperhatikan lingkungan dalam mengatasi epidemi/endemi penyakit.
- d. Buku Zon *airs, waters and places* : hubungan timbal balik antar penyakit dan lingkungan.
- e. Abad XVII : beberapa negara di eropa membuat UU *sanitary legeslation* serta penerapan *military hygiene*.
- f. Abad XVII : Pada masa ini telah diterapkan lapangan *higiene* dan *social medicine*. Terjadi gerakan secara besar besaran bidang kesehatan masyarakat di Inggris yang disebut *public hiegene*.
- g. Di perancis lahir sebuah dewan yang bernama : *Council of public Hiegene* (UU 1789-1791)
- h. *Sanitary Conditional of The Labouring Population of Great Britain* (Edwin Chadwick, 1842) : Dewan umum kesehatan mengontrol kondisi perumahan, SPAL, air bersih dan tenaga kesehatan.
- i. *Sanitary Conditional of The Labouring Population in New York* (John C. Griseom, 1848) dan *Report of The Sanitary Commission on Massachusset* (Samuel Shattuck, 1850)
- j. Di Inggris dibentuk kementrian : *Ministry of Public Health* (1 Juli 1919)
- k. Gordon dan Le Richt (19500 : teori ekologi untuk menjelaskan peristiwa penyakit.
- l. Perhatian masyarakat yang luar biasa terhadap kasus-kasus pencemaran lingkungan antara lain Smog di Inggris (1952), Minamata di Jepang (1973)
- m. Deklarasi WHO di Alma alta tentang Kesehatan untuk semua Tahun 2000
- n. 4 Desember 2006, PBB menetapkan tahun sanitasi Internasional 2008².

Sejarah Perkembangan Kesehatan Lingkungan di Indonesia

a. Masa Sebelum Orde Baru

² Abdullah. Tujuh syarat membuat jamban sehat. (2010). Diakses dari : <http://sanitasi.or.id/index.php?option=com>

1. Pada tahun 1882 : Sudah diterbitkan Undang-undang tentang *hygiene* dalam bahasa Belanda.
2. Pada Tahun 1924 Atas Prakarsa Rochefeller foundation didirikan Rival Hygiene Work di Banyuwangi dan Kebumen.
3. Pada Tahun 1956 : Adanya Integrasi usaha pengobatan dan usaha kesehatan lingkungan di Bekasi hingga dengan pendirian Bekasi Training Centre
4. Pada Tahun 1959 : Dicanangkannya program pemberantasan Malaria sebagai program kesehatan lingkungan di tanah air (12 Nopember = Hari Kesehatan Nasional)

b. Masa Setelah Orde Baru

1. Pada Tahun 1968: Program kesehatan lingkungan masuk dalam upaya pelayanan Puskesmas.
2. Pada Tahun 1974 : Inpres Samijaga (Sarana Air Minum dan Jamban Keluarga). Adanya Program Perumnas, Proyek Husni Thamrin, Kampanye Keselamatan dan Kesehatan Kerja, dan hingga saat ini upaya penyehatan lingkungan mulai dikembangkan dan disempurnakan di berbagai sektor kehidupan bukan hanya di puskesmas tetapi sudah di berbagai sektor antara lain rumah sakit, hotel, pasar, kolam renang, rumah makan dan lain sebagainya.

Defenisi Ilmu Kesehatan Lingkungan

Ilmu Kesehatan Lingkungan merupakan ilmu multidisipliner yang mempelajari dinamika hubungan interaktif antara sekelompok manusia masyarakat dengan berbagai perubahan komponen lingkungan hidup manusia yang diduga dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada masyarakat dan mempelajari upaya untuk penanggulangan dan pencegahannya³.

³ Sumantri Arif, Pengantar Kesehatan Lingkungan. 2017.

Kesehatan lingkungan termasuk dalam upaya pencegahan primer yang dimaksudkan untuk menghambat perkembangbiakan, penularan, dan faktor risiko yang berhubungan dengan penyakit. Ruang lingkup kesehatan lingkungan mencakup perumahan, pembuangan kotoran manusia (tinja), penyediaan air bersih, pembuangan sampah, pembuangan air limbah, dan sanitasi tempat-tempat umum.

Menurut WHO (World Health Organization), “Those aspects of human health and disease that are determined by factors in the environment. It also refers to the theory and practice of assessing and controlling factors in the environment that can potentially affect health.”, artinya kesehatan lingkungan adalah suatu keseimbangan ekologi yang harus ada antara manusia dan lingkungan agar dapat menjamin keadaan sehat dari manusia.

Kontribusi lingkungan dalam mewujudkan derajat kesehatan merupakan hal yang esensial disamping masalah perilaku masyarakat, pelayanan kesehatan dan faktor keturunan. Lingkungan memberikan kontribusi terbesar terhadap timbulnya masalah kesehatan masyarakat. Ruang lingkup kesehatan lingkungan menurut WHO, adalah:

1. Pengelolaan air buangan dan pengendalian pencemaran;
2. Pembuangan sampah padat;
3. Pengendalian *Vektor*;
4. Pencegahan/pengendalian pencemaran tanah oleh ekskreta manusia;
5. *Higiene* makanan, termasuk *higiene* susu;
6. Pengendalian pencemaran udara;
7. Pengendalian radiasi;
8. Kesehatan kerja;
9. Pengendalian kebisingan;
10. Perumahan dan pemukiman;
11. Aspek *kesling* dan transportasi udara;
12. Perencanaan daerah dan perkotaan;
13. Pencegahan kecelakaan;
14. Rekreasi dan pariwisata;

15. Tindakan-tindakan sanitasi yang berhubungan dengan keadaan epidemi/wabah, bencana alam dan perpindahan penduduk;
16. Tindakan pencegahan yang diperlukan untuk menjamin lingkungan;
17. Penyediaan air minum.

Menurut Undang-Undang Kesehatan Nomor 36 Tahun 2009 tercantum dalam Pasal 162, Kesehatan Lingkungan sebagai salah satu upaya kesehatan ditujukan untuk mewujudkan kualitas lingkungan yang sehat, baik fisik, kimia, biologi, maupun sosial yang memungkinkan setiap orang mencapai derajat kesehatan yang setinggi-tingginya. Kesehatan Lingkungan diselenggarakan melalui upaya Penyehatan, Pengamanan, dan Pengendalian, yang dilakukan terhadap lingkungan permukiman, tempat kerja, tempat rekreasi, serta tempat dan fasilitas umum.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, Pasal 1 point 1 menyebutkan bahwa Kesehatan Lingkungan adalah upaya pencegahan penyakit dan/atau gangguan kesehatan dari faktor risiko lingkungan untuk mewujudkan kualitas lingkungan yang sehat baik dari aspek fisika, kimia, biologi, maupun sosial.

Menurut Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup bahwa lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan perikehidupan, dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain.

Maka dapat disimpulkan bahwa kesehatan lingkungan yaitu upaya untuk menciptakan atau mewujudkan suatu lingkungan yang bersih dan sehat yang berlandaskan pada etika lingkungan sehingga dapat mendukung kehidupan manusia. Menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan merupakan cara yang lebih efektif dalam mencegah timbulnya berbagai penyakit daripada mencegah atau memberantas suatu penyakit yang telah berkembang menjadi wabah.

Masalah Kesehatan Lingkungan dan penyakit di Indonesia dan Dunia

Penyakit berbasis lingkungan masih menjadi permasalahan hingga saat ini. ISPA dan diare yang merupakan penyakit berbasis lingkungan selalu masuk dalam 10 besar penyakit di hampir seluruh Puskesmas di Indonesia. Menurut Profil Ditjen PP&PL thn 2006, 22,30% kematian bayi di Indonesia akibat pneumonia. Sedangkan morbiditas penyakit diare dari tahun ketahun kian meningkat dimana pada tahun 1996 sebesar 280 per 1000 penduduk, lalu meningkat menjadi 301 per 1000 penduduk pada tahun 2000 dan 347 per 1000 penduduk pada tahun 2003. Pada tahun 2006 angka tersebut kembali meningkat menjadi 423 per 1000 penduduk.

Menurut *Pedoman Arah Kebijakan Program Kesehatan Lingkungan Pada Tahun 2008* menyatakan bahwa Indonesia masih memiliki penyakit menular yang berbasis lingkungan yang masih menonjol seperti DBD, TB paru, malaria, diare, infeksi saluran pernafasan, HIV/AIDS, Filariasis, Cacingan, Penyakit Kulit, Keracunan dan Keluhan akibat Lingkungan Kerja yang buruk.. Pada tahun 2006, sekitar 55 kasus yang terkonfirmasi dan 45 meninggal (CFR 81,8%), sedangkan tahun 2007 - 12 Februari dinyatakan 9 kasus yang terkonfirmasi dan diantaranya 6 meninggal (CFR 66,7%). Adapun hal - hal yang masih dijadikan tantangan yang perlu ditangani lebih baik oleh pemerintah yaitu terutama dalam hal survailans, penanganan pasien/penderita, penyediaan obat, sarana dan prasarana rumah sakit.

Jenis penyakit berbasis lingkungan yang pertama disebabkan oleh virus seperti ISPA, TBC paru, Diare, Polio, Campak, dan Kecacingan; yang kedua disebabkan oleh binatang seperti Flu burung, Pes, Anthrax ; dan yang ketiga disebabkan oleh vektor nyamuk diantaranya DBD, Chikungunya dan Malaria. Penyakit berbasis lingkungan masih menjadi permasalahan untuk Indonesia, menurut hasil survei mortalitas Subdit ISPA pada tahun 2005 di 10 provinsi diketahui bahwa pneumonia merupakan penyebab kematian terbesar pada bayi (22,3%) dan pada balita (23,6%). Diare, juga menjadi persoalan tersendiri dimana di tahun 2009 terjadi KLB diare di 38 lokasi yang tersebar pada 22 Kabupaten/kota dan 14 provinsi dengan angka kematian akibat diare (CFR) saat KLB 1,74%. Pada tahun 2007 angka kematian akibat TBC paru adalah 250 orang per hari. Prevalensi kecacingan pada anak SD di kabupaten terpilih pada tahun 2009 sebesar 22,6%. Angka kesakitan DBD pada tahun 2009 sebesar 67/100.000

penduduk dengan angka kematian 0,9%. Kejadian chikungunya pada tahun 2009 dilaporkan sebanyak 83.533 kasus tanpa kematian. Jumlah kasus flu burung di tahun 2009 di Indonesia sejumlah 21, menurun dibanding tahun 2008 sebanyak 24 kasus namun angka kematiannya meningkat menjadi 90,48%.

Para ahli kesehatan masyarakat pada umumnya sepakat bahwa kualitas kesehatan lingkungan adalah salah satu dari empat faktor yang mempengaruhi kesehatan manusia menurut H.L. Blum yang merupakan faktor yang memberikan kontribusi terbesar terhadap pencapaian derajat kesehatan. Memang tidak selalu lingkungan menjadi faktor penyebab, melainkan juga sebagai penunjang, media transmisi maupun memperberat penyakit yang telah ada⁴.

Penyakit Kesehatan Lingkungan

1. ISPA

ISPA masih merupakan masalah kesehatan yang penting karena menyebabkan kematian bayi dan anak yang cukup tinggi yaitu kira-kira 1 dari 4 kematian yang terjadi. Setiap anak diperkirakan mengalami 3-6 episode ISPA setiap tahunnya. 40% - 60% dari kunjungan di puskesmas adalah penyakit ISPA. Dari seluruh kematian yang disebabkan oleh ISPA mencakup 20% - 30%. Kematian yang terbesar umumnya adalah karena pneumonia dan pada bayi berumur kurang dari 2 bulan. Hingga saat ini angka mortalitas ISPA yang berat masih sangat tinggi. Kematian seringkali disebabkan karena penderita datang untuk berobat dalam keadaan berat dan sering disertai penyulit-penyulit dan kurang gizi. Menurut World Health Organization (WHO) memperkirakan insidens Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) di negara berkembang dengan angka kematian balita di atas 40 per 1000 kelahiran hidup adalah 15%-20% pertahun pada golongan usia balita. Pada data morbiditas penyakit pneumonia di Indonesia pertahun berkisar antara 10-20% dari populasi balita pertahunnya.

2. Tuberkolosis

⁴ Purnama Gede, Penyakit Berbasis Lingkungan. 2016.

Tuberkulosis paru adalah penyakit menular yang disebabkan oleh kuman *Mycobacterium tuberculosis* tipe *Humanus*. Kuman tuberkulosis pertama kali ditemukan oleh Robert Koch pada tahun 1882. Jenis kuman tersebut adalah *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium africanum* dan *Mycobacterium bovis*. Basil tuberkulosis termasuk dalam genus *Mycobacterium*, suatu anggota dari family dan termasuk ke dalam ordo *Actinomycetales*. *Mycobacterium tuberculosis* menyebabkan sejumlah penyakit berat pada manusia dan juga penyebab terjadinya infeksi tersering. Basil–basil tuberkel di dalam jaringan tampak sebagai mikroorganisme berbentuk batang, dengan panjang bervariasi antara 1 – 4 mikron dan diameter 0,3 – 0,6 mikron. Bentuknya sering agak melengkung dan kelihatan seperti manik–manik atau bersegmen.

Basil tuberkulosis dapat bertahan hidup selama beberapa minggu dalam sputum kering, ekskreta lain dan mempunyai resistensi tinggi terhadap antiseptik, tetapi dengan cepat menjadi inaktif oleh cahaya matahari, sinar ultraviolet atau suhu lebih tinggi dari 60°C. *Mycobacterium tuberculosis* masuk ke dalam jaringan paru melalui saluran napas (droplet infection) sampai alveoli, terjadilah infeksi primer. Selanjutnya menyebar ke getah bening setempat dan terbentuklah primer kompleks. Infeksi primer dan primer kompleks dinamakan TB primer, yang dalam perjalanan lebih lanjut sebagian besar akan mengalami penyembuhan.

3. Diare

Diare adalah salah satu penyakit yang menjadi penyebab kematian di dunia, tercatat sekitar 2,5 juta orang meninggal tiap tahun. Penyakit ini memiliki angka kejadian yang tinggi di negara berkembang. Diare didefinisikan sebagai buang air besar yang frekuensinya lebih dari 3 kali sehari dengan konsistensi tinja yang encer. Diare dapat diklasifikasikan menjadi 3 yaitu diare aku, kronik dan persisten. Agen yang dapat menyebabkan diare antara lain bisa melalui tiga jalur, yaitu: pada makanan, dalam air, atau penularan dari satu orang ke orang lain. Perbedaan cara penularan melalui ketiganya tergantung pada potensi ketersediaannya di lingkungan tempat tinggal kita dan reflek yang diperlukan agen tersebut untuk memunculkan infeksi.

Kondisi cuaca yang sering mengalami perubahan dan meningkatnya aktifitas manusia, secara tidak langsung berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Imbas yang paling dapat dirasakan adalah meningkatnya intensitas penyakit berbasis ekosistem, seperti diare, demam berdarah, penyakit kulit dan penyakit lainnya. Peran lingkungan sebagai penopang kehidupan makhluk hidup menurun seiring berjalannya waktu dan ini ternyata berimbas terhadap perkembangan penyakit berbasis ekosistem di lingkungan masyarakat. Dengan penanganan yang tepat infeksi diare jarang bisa menjadi suatu hal yang fatal. Penanganan diare dapat dilakukan melalui metode LINTAS Diare (Lima Langkah Tuntaskan Diare). Usaha pengobatan sendiri dilakukan karena pengaruh pertimbangan ekonomi, kepraktisan dalam pengobatan, serta anggapan bahwa gejala yang diderita masih tergolong ringan dan mudah diobati. Kegiatan pencegahan penyakit diare yang benar dan efektif yang dapat dilakukan melalui perilaku sehat dan penyehatan lingkungan.

4. Demam Berdarah Dengue

Demam Berdarah Dengue (DBD) atau dalam bahasa asing dinamakan *Dengue Hemorrhagic Fever (DHF)* adalah penyakit yang disebabkan oleh Arbovirus (arthropod born virus) dan ditularkan melalui gigitan nyamuk Aedes (Aedes Albopictus dan Aedes Aegypti). Demam Berdarah Dengue sering disebut pula Dengue Haemorrhagic Fever (DHF). DHF/DBD adalah suatu penyakit yang disebabkan oleh virus dengue yang tergolong arbovirus dan masuk ke dalam tubuh penderita melalui gigitan nyamuk Aedes aegypti yang betina (Suriadi, 2001). Demam dengue adalah penyakit yang terdapat pada anak-anak dan dewasa dengan gejala utama demam, nyeri otot dan sendi, yang biasanya memburuk setelah dua hari pertama terinfeksi virus.

5. Malaria

Malaria adalah penyakit menular yang disebabkan oleh parasit (protozoa) dari genus *Plasmodium*, yang dapat ditularkan melalui gigitan nyamuk *Anopheles*. Istilah malaria diambil dari dua kata bahasa Italia yaitu mal (buruk) dan area (udara) atau udara buruk karena dahulu banyak terdapat di daerah rawa-rawa yang

mengeluarkan bau busuk. Penyakit ini juga mempunyai nama lain, seperti demam roma, demam rawa, demam tropik, demam pantai, demam charges, demam kura dan paludisme (Prabowo, 2008)⁵.

Menurut Soemirat (2009) mengatakan malaria yang disebabkan oleh protozoa terdiri dari empat jenis spesies yaitu *Plasmodium vivax* menyebabkan malaria tertiana, *Plasmodium malariae* menyebabkan malaria quartana, *Plasmodium falciparum* menyebabkan malaria tropika dan *Plasmodium ovale* menyebabkan malaria ovale.

Menurut Achmadi (2010) di Indonesia terdapat empat spesies *Plasmodium*, yaitu:

- a. *Plasmodium vivax*, memiliki distribusi geografis terluas, mulai dari wilayah beriklim dingin, subtropik hingga daerah tropik. Demam terjadi setiap 48 jam atau setiap hari ketiga, pada siang atau sore. Masa inkubasi *Plasmodium vivax* antara 12 sampai 17 hari dan salah satu gejala adalah pembengkakan limpa atau splenomegali.
- b. *Plasmodium falciparum*, plasmodium ini merupakan penyebab malaria tropika, secara klinik berat dan dapat menimbulkan komplikasi berupa malaria cerebral dan fatal. Masa inkubasi malaria tropika ini sekitar 12 hari, dengan gejala nyeri kepala, pegal linu, demam tidak begitu nyata, serta kadang dapat menimbulkan gagal ginjal.
- c. *Plasmodium ovale*, masa inkubasi malaria dengan penyebab *Plasmodium ovale* adalah 12 sampai 17 hari, dengan gejala demam setiap 48 jam, relatif ringan dan sembuh sendiri.
- d. *Plasmodium malariae*, merupakan penyebab malaria quartana yang memberikan gejala demam setiap 72 jam. Malaria jenis ini umumnya terdapat pada daerah gunung, dataran rendah pada daerah tropik, biasanya berlangsung tanpa gejala, dan ditemukan secara tidak sengaja. Namun malaria jenis ini sering mengalami kekambuhan.

6. Demam Tifoid

⁵ Prabowo, Arlan. Malaria: Mencegah dan Mengatasinya. Jakarta : Puspa Swara: 2004. 5-10.

Demam tifoid adalah infeksi akut pada saluran pencernaan yang disebabkan oleh *Salmonella typhi*. Demam paratifoid adalah penyakit sejenis yang disebabkan oleh *Salmonella paratyphi A, B, dan C*. Gejala dan tanda kedua penyakit tersebut hampir sama, tetapi manifestasi klinis paratifoid lebih ringan. Kedua penyakit di atas disebut tifoid. Terminologi lain yang sering digunakan adalah *typhoid fever*, *paratyphoid fever*, *typhus*, dan *paratyphus abdominalis* atau demam enteric⁶

Sejarah tifoid dimulai saat ilmuwan Perancis bernama Pierre Louis memperkenalkan istilah *typhoid* pada tahun 1829. *Typhoid* atau *typhus* berasal dari bahasa Yunani *typhos* yang berarti penderita demam dengan gangguan kesadaran. Kemudian Gaffky menyatakan bahwa penularan penyakit ini melalui air dan bukan udara. Gaffky juga berhasil membiakkan *Salmonella typhi* dalam media kultur pada tahun 1884. Pada tahun 1896 Widal akhirnya menemukan pemeriksaan tifoid yang masih digunakan sampai saat ini. Bakteri ini akan mati pada pemanasan 57°C selama beberapa menit. Manifestasi klinis demam tifoid tergantung dari virulensi dan daya tahan tubuh. Masa inkubasinya adalah 10-20 hari (Widoyono, 2008). Manusia merupakan reservoir bagi demam tifoid. Kontak dalam lingkungan keluarga dapat berupa carrier karena status carrier dapat terjadi. Setelah serangan akut penderita dapat menjadi carrier. Penularan dapat terjadi jika penderita/carrier tidak dapat menjaga kebersihan perorangan dan kebersihan lingkungan⁷.

1.2 Konsep Ekologi dan Kesehatan Lingkungan

a. Konsep Ekologi dalam Kesehatan lingkungan

Ekologi adalah interaksi antara organisme dengan lingkungan dan lainnya. Ekologi berasal dari kata Yunani oikos “habitat” dan logos “ilmu”, sehingga dapat

⁶ Widoyono. Malaria. Dalam: Safitri Amalia, Astikawati Rina, editors. Penyakit Tropis: Epidemiologi, Penularan, Pencegahan, dan Pemberantasannya. Semarang. (Erlangga: 2008). 111-21.

⁷ Purnama Gede, Penyakit Berbasis Lingkungan. 2016

diartikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang hubungan makhluk hidup dengan lingkungannya.

Menurut Soerjani, Rofiq Ahmad, dan Rozy Munir, (1987), ekologi adalah ilmu tentang hubungantimbal balik antara makhluk hidup dengan sesamanya dan dengan benda-benda mati di sekitarnya. Upaya menjaga lingkungan menuntut manusia untuk meleak ekologi. Melek ekologi (ecolitary) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan manusia yang sudah mencapai tingkat kesadaran tinggi tentang pentingnya lingkungan hidup. Istilah lain yang sering digunakan adalah ecological literacy.

Kata "ekologi" mula-mula diusulkan oleh biologiwan bangsa Jerman, Ernest Haeckel dalam tahun 1869. Pada awalnya, ekologi dibedakan dengan jelas ke dalam ekologi tumbuhan dan ekologi hewan⁸.

Dalam pembahasannya ekologi merupakan studi keterkaitan antara organisme dengan lingkungannya, baik lingkungan abiotik maupun biotik. Lingkungan abiotik terdiri dari atmosfer, cahaya, air, tanah dan unsur mineral. Tetapi perlu diketahui apa yang dimaksud dengan organisme, karena pada hakikatnya ekologi berhubungan erat dengan organisasi makhluk hidup, seperti ekosistem, komunitas, dan populasi yang saling mempengaruhi satu dengan lainnya. Sedangkan lingkungan biotik adalah makhluk hidup yang hidup disekitar makhluk hidup, seperti tumbuhan, hewan, bakteri, dan lainnya.

Ekologi semakin lama terus berkembang, dan makin terlihat bahwa ekologi mempunyai hubungan dengan hampir semua ilmu lainnya. Untuk memahami ruang lingkup dan hal-hal yang menyangkut tentang ekologi, semua harus dilihat hubungannya dengan ilmu-ilmu lain. Untuk mengerti konsep ekologi dalam kesehatan lingkungan, maka semua masalah organisme dengan lingkungannya itu sangat perlu diperhatikan. Jika berbicara mengenai pencemaran hutan, perkembangan penduduk, masalah makanan, penggunaan energi, kenaikan suhu bumi karena efek rumah kaca atau pemanasan global dan lainnya, ini berarti juga harus berbicara mengenai ilmu kimia, fisika, pertanian, kehutanan, ilmu gizi, kesehatan lingkungan dan lainnya.

⁸ Utina, R., Baderan, DWK. Ekologi dan Lingkungan Hidup, Gorontalo. (2009).

Kesehatan Lingkungan dengan Pendekatan Ekosistem

Ekosistem merupakan satuan fungsional dasar yang menyangkut proses interaksi organisme hidup dengan lingkungan mereka. Istilah tersebut pada mulanya diperkenalkan oleh A.G.Tansley pada tahun 1935. Sebelumnya, telah digunakan istilah-istilah lain yaitu biocoenosis dan mikrokosmos. Setiap ekosistem memiliki enam komponen yaitu produsen, makrokonsumen, mikrokonsumen, bahan anorganik, bahan organik, dan kisaran iklim⁹. Perbedaan antar ekosistem hanya pada unsur-unsur penyusun masing-masing komponen tersebut. Masing-masing komponen ekosistem mempunyai peranan dan mereka saling terkait dalam melaksanakan proses-proses dalam ekosistem. Proses-proses dalam ekosistem meliputi aliran energi, rantai makanan, pola keanekaragaman, siklus materi, perkembangan, dan pengendalian. Susunan Ekosistem, dilihat dari susunan dan fungsinya, suatu ekosistem tersusun atas komponen sebagai berikut:

- a. *Komponen autotrof*, Autotrof adalah organisme yang mampu menyediakan/mensintesis makanan sendiri yang berupa bahan organik dari bahan anorganik dengan bantuan energi seperti matahari dan kimia. Komponen autotrof berfungsi sebagai produsen, contohnya tumbuh-tumbuhan hijau.
- b. *Komponen heterotrof*, Heterotrof merupakan organisme yang memanfaatkan bahan-bahan organik sebagai makanannya dan bahan tersebut disediakan oleh organisme lain. Yang tergolong heterotrof adalah manusia, hewan, jamur, dan mikroba.
- c. *Bahan tak hidup (abiotik)*, Bahan tak hidup yaitu komponen fisik dan kimia yang terdiri dari tanah, air, udara, sinar matahari. Bahan tak hidup merupakan medium atau substrat tempat berlangsungnya kehidupan, atau lingkungan tempat hidup.
- d. *Pengurai (dekomposer)*, Pengurai adalah organisme heterotrof yang menguraikan bahan organik yang berasal dari organisme mati (bahan organik kompleks). Organisme pengurai menyerap sebagian hasil penguraian tersebut

⁹ Resosoedarmo, et al. Pengantar Ekologi. Bandung : Remaja Rosdakarya. 1990.

dan melepaskan bahan-bahan yang sederhana yang dapat digunakan kembali oleh produsen. Termasuk pengurai ini adalah bakteri dan jamur.

Masing – masing komponen ekosistem saling berhubungan satu sama lain, dalam hubungan antar komponen tersebut terjadi hubungan yang bersifat netral, ada yang bekerja sama, ada yang menyesuaikan diri, tetapi ada pula yang menguasai komponen lain, tetapi pada akhirnya alam menentukan adanya keserasian dan keseimbangan dalam interaksi antar komponen – komponen ekosistem tersebut (Dwijoseputro, 1994)¹⁰.

Menurut Ruslan H. Prawiro (1988) interaksi antar komponen ekosistem adalah sebagai berikut:

- a. Interaksi Simbiosis, yaitu interaksi yang terjadi antar komponen, dimana kedua belah pihak tidak ada yang dirugikan. Salah satu atau keduanya memperoleh keuntungan. Interaksi simbiosis ini terdiri dari dua bentuk yaitu:
 1. Simbiosis mutualisme, yaitu kedua komponen atau organisme saling mendapat keuntungan. Pertumbuhan dan survivalnya diuntungkan karenanya dan dalam keadaan wajar organisme tidak dapat lestari apabila terpisah dari partnernya.
 2. Simbiosis komensalisme, yaitu hanya satu pihak saja yang diuntungkan, sedang yang lain tidak dirugikan. Termasuk disini tumbuhan epifit yang hidup pada tumbuhan lain, seperti anggrek, lumut pohon, dan sebagainya.
- b. Interaksi Antagonisme (Simbiosis Antagonisme), yaitu dalam bentuk ini terdapat sifat antibiosis, eksploitasi dan kompetisi.
 1. Antibiosis yaitu komponen atau organisme mengeluarkan bermacam-macam bahan dari hasil metabolismenya. Adakalanya ada bahan produksi khusus yang sangat antagonistik terhadap spesies lain. cendawan seringkali mengeluarkan bahan-bahan semacam itu, seperti peniciline, streptomycine, auromycine.

¹⁰ Dwijoseputro, D. Dasar-Dasar Mikrobiologi. Jakarta: Djambatan. 1995. Hal.6

2. Eksploitasi dilakukan organisme predator atau parasit. Predator menyerang makhluk lain untuk dikonsumsi. Termasuk golongan ini ialah pemakan makhluk lain, seperti sapi, harimau, dan manusia. Parasit relatif kecil dibanding makhluk lain yang dieksploitasi, hidupnya yang mengambil bahan makanan dari induk semangnya.
3. Kompetisi atau persaingan ada dua macam, yaitu tipe persaingan yang langsung bertindak terhadap organisme lain dan tipe lain yang didorong untuk memenuhi kebutuhan sumber daya hidup, lebih – lebih apabila persediaan sumber daya kurang. Misalnya persaingan untuk memperoleh cahaya, air dan bahan makanan. Apabila kedua belah pihak sama sekali tidak saling mempengaruhi, maka mereka tidak menjalankan interaksi, mereka mengikuti netralisme.

1.3 Riwayat dan Konsep Terjadinya Penyakit serta Peranan Lingkungan didalamnya

Ilmu kesehatan lingkungan mempelajari hubungan interaktif antara komponen lingkungan yang memiliki potensi bahaya penyakit dengan berbagai variabel kependudukan seperti perilaku, pendidikan dan umur. Dalam hubungan interaksi tersebut, faktor komponen lingkungan seringkali mengandung atau memiliki potensial timbulnya penyakit. Hubungan interaktif manusia serta perilakunya dengan komponen lingkungan yang memiliki potensi bahaya penyakit dikenal sebagai proses kejadian penyakit atau patogenesis penyakit¹¹. Perjalanan penyakit yang alami dan tanpa pengobatan apapun, yang terjadi mulai dari keadaan sehat hingga terjadinya penyakit, disebut riwayat alamiah penyakit. Meskipun tiap- tiap penyakit mempunyai riwayat alamiah yang berbeda, kerangka konsep yang bersifat umum perlu dibuat untuk menjelaskan riwayat perjalanan penyakit pada umumnya.

¹¹ Ikthiar, Muhammad. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*, Makassar, CV. Social Politic Genus (SIGn). 2017.



Berdasarkan bagan diatas, riwayat perjalanan penyakit dapat dibagi menjadi lima kategori yaitu:

1. *Tahap prapatogenesis*: Manusia (host) masih dalam keadaan sehat, namun pada tahap ini pula manusia telah terpajan dan berisiko terhadap penyakit yang ada disekelilingnya, karena
 - a. Telah terjadi interaksi dengan bibit penyakit (agent).
 - b. Bibit penyakit belum masuk ke manusia (host/pejamu).
 - c. Manusia masih dalam keadaan sehat dan belum ada tanda penyakit.
 - d. Belum terdeteksi baik secara klinis maupun laboratorium.
2. *Tahap inkubasi*: Pada tahap ini bibit penyakit telah masuk ke manusia, namun gejala belum tampak. Jika daya tahan pejamu tidak kuat akan terjadi gangguan pada bentuk dan fungsi tubuh.
3. *Tahap penyakit dini*: Tahap ini mulai timbul gejala penyakit, sifatnya masih ringan, dan umumnya masih dapat beraktivitas.
4. *Tahap penyakit lanjut*: Pada tahap ini penyakit makin bertambah hebat, penderita tidak dapat beraktivitas sehingga memerlukan perawatan.
5. *Tahap akhir penyakit*: Pada tahap akhir perjalanan penyakit ini manusia berada dalam lima keadaan yaitu sembuh sempurna, sembuh dengan cacat, carrier, kronis, atau meninggal dunia¹².

¹² M.N.Bustan, A.Arsunan, *Pengantar Epidemiologi*, Jakarta, PT. Rineka Cipta. 2002.

Walaupun pada umumnya riwayat perjalanan penyakit akan melalui tahap-tahap seperti bagan diatas, namun ada beberapa penyakit atau kejadian penyakit yang tidak sesuai dengan bagan diatas sehingga dikenal istilah atau kejadian dibawah ini:

1. *Self limiting disease*: Proses penyakit berhenti sendiri, dan semua fungsi tubuh normal kembali
2. *Penyakit inapparent*: Penyakit yang berlangsung tanpa gejala klinis, penderita penyakit tertentu sudah mulai menularkan penyakitnya sebelum masa inkubasi selesai (mis: campak, polio, rubella, cacar air), atau penderita penyakit tertentu menularkan penyakitnya setelah gejala klinis muncul (mis: filariasis, batuk rejan, malaria)
3. *Masa latent*: Masa antara masuknya agent sampai penderita dapat menularkan penyakitnya.
4. *Periode menular*: Penderita mampu menularkan penyakit ketika keadaan penderita pulih/sembuh (konvalesens) dan pulih/sembuh sesudah penyakit tidak menunjukkan gejala klinis (penderita menjadi carrier)
5. *Periode akut*: Penyakit berlangsung dalam waktu singkat (beberapa hari atau minggu saja). Misalnya, influenza, rabies, cacar, atau campak.
6. *Periode kronis*: Penyakit berlangsung beberapa tahun (mis: TBC, lepra, AIDS) ¹³.

Aspek sentral penyebaran penyakit dalam masyarakat adalah mekanisme penularan (mode of transmissions) yakni berbagai mekanisme di mana unsur penyebab penyakit dapat mencapai manusia sebagai penjamu yang potensial. Mekanisme tersebut meliputi cara unsur penyebab (agent) meninggalkan reservoir, cara penularan untuk mencapai penjamu potensial, serta cara masuknya ke penjamu potensial tersebut. Seseorang yang sehat sebagai salah seorang penjamu potensial dalam masyarakat, mungkin akan ketularan suatu

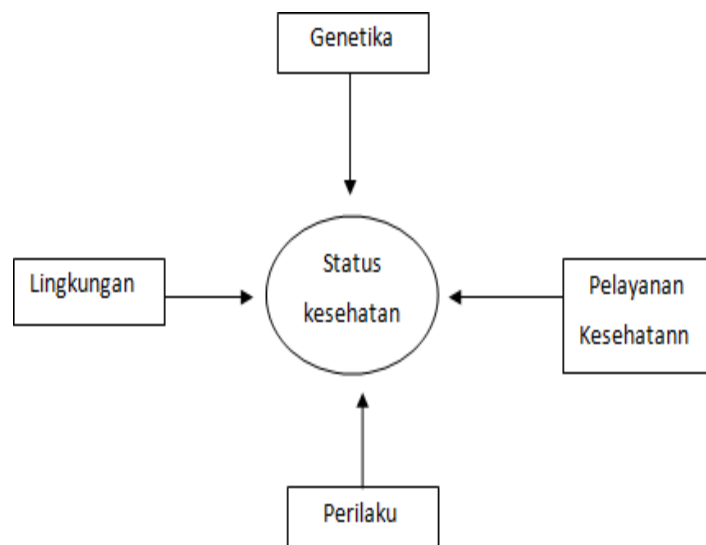
¹³ Rajab, Wahyudin, *Buku Ajar Epidemiologi untuk Mahasiswa Kebidanan*, Jakarta, Buku Kedokteran EGC. 2008.

penyakit menular tertentu sesuai dengan posisinya dalam masyarakat serta dalam pengaruh berbagai reservoir yang ada di sekitarnya. Kemungkinan tersebut sangat dipengaruhi pula oleh berbagai faktor antara lain:

- a. Faktor lingkungan fisik sekitarnya yang merupakan media yang ikut mempengaruhi kualitas maupun kuantitas unsur penyebab.
- b. Faktor lingkungan biologis yang menentukan jenis vektor dan reservoir penyakit serta unsur biologis yang hidup berada di sekitar manusia.
- c. Faktor lingkungan sosial yakni kedudukan setiap orang dalam masyarakat, termasuk kebiasaan hidup serta kegiatan sehari-hari.

Konsep Teori Blum Yang Berkaitan dengan Kesehatan Lingkungan dan Penyakit

Dalam konsep Blum ada 4 faktor determinan yang dikaji, masing-masing faktor saling keterkaitan berikut penjelasannya :



Lingkungan

Lingkungan yang memiliki kondisi sanitasi buruk dapat menjadi sumber berkembangnya penyakit. Hal ini jelas membahayakan kesehatan masyarakat kita. Terjadinya penumpukan sampah yang tidak dapat dikelola dengan baik, polusi udara, air, dan tanah juga dapat menjadi penyebab. Upaya menjaga lingkungan menjadi tanggung jawab semua pihak untuk itulah perlu kesasaran semua pihak.

Perilaku masyarakat

Perilaku masyarakat dalam menjaga kesehatan sangat berperan penting karena budaya hidup bersih dan sehat harus dapat dimunculkan dari dalam diri masyarakat untuk menjaga kesehatan dan menjaga lingkungan yang bersih dan sehat. Pembuatan peraturan tentang berperilaku sehat juga harus dilakukan dengan pembinaan untuk menumbuhkan kesadaran pada masyarakat. Sebab, apabila upaya dengan menjatuhkan sanksi hanya bersifat jangka pendek. Pembinaan dapat dimulai dari lingkungan keluarga, sekolah, dan masyarakat¹⁴.

Pelayanan Kesehatan

Kondisi pelayanan kesehatan juga menunjang derajat kesehatan masyarakat. Pelayanan kesehatan juga menunjang derajat kesehatan masyarakat. Pelayanan kesehatan yang berkualitas sangatlah dibutuhkan. Masyarakat membutuhkan posyandu, puskesmas, rumah sakit, dan pelayanan kesehatan lainnya untuk membantu dalam mendapatkan pengobatan dan perawatan kesehatan. Terutama untuk pelayanan kesehatan dasar yang memang banyak dibutuhkan masyarakat. Kualitas dan kuantitas sumber daya manusia dibidang kesehatan juga mesti ditingkatkan.

Puskesmas sebagai garda terdepan dalam pelayanan kesehatan masyarakat sangat besar peranan. Sebab di puskesmas lah akan ditangani masyarakat yang membutuhkan edukasi dan perawatan primer. Peranan Sarjana Kesehatan Masyarakat sebagai manager yang memiliki kompetensi dibidang manajemen kesehatan dibutuhkan dalam menyusun program-program kesehatan. Utamanya program-program pencegahan penyakit yang bersifat preventif sehingga masyarakat tidak banyak yang jatuh sakit.

Banyak kejadian kematian yang seharusnya dapat dicegah seperti diare, demam berdarah, malaria, dan penyakit degeneratif yang berkembang saat ini seperti jantung koroner, stroke, diabetes mellitus, dan lainnya. Penyakit itu dapat dengan mudah dicegah asalkan masyarakat paham dan melakukan nasehat dalam menjaga kondisi lingkungan dan kesehatan.

¹⁴ Endra, Febri, *Paradigma Kesehatan*. 2003

Genetik

Nasib suatu bangsa ditentukan oleh kualitas generasi mudanya. Oleh sebab itu kita harus terus meningkatkan kualitas generasi muda agar mereka mampu berkompetisi dan memiliki kreatifitas tinggi dalam membangun bangsanya. Dalam hal ini kita harus memperhatikan status gizi balita sebab pada masa inilah perkembangan otak anak yang menjadi asset kita dimasa mendatang. Namun masih banyak saja anak Indonesia yang status gizinya kurang bahkan buruk. Padahal potensi alam Indonesia cukup mendukung oleh sebab itulah program penanggulangan kekurangan gizi dan peningkatan status gizi masyarakat masih tetap diperlukan ¹⁵.

Menurut Blum dalam Notoatmodjo (1997) derajat kesehatan seseorang ataupun masyarakat dipengaruhi oleh empat faktor, yaitu perilaku, lingkungan, pelayanan kesehatan dan keturunan. Hasil penelitian di negara maju, di antara faktor tersebut, yang mempunyai andil paling besar terhadap status kesehatan adalah lingkungan¹⁶. Hendrik L. Blum dalam *Planning for Health, Development and Application of Social Change Theory* secara jelas menyatakan bahwa determinan status kesehatan masyarakat merupakan hasil interaksi domain lingkungan, perilaku dan genetika serta bukan hasil pelayanan medis semata-mata. Kualitas lingkungan merupakan determinan penting terhadap kesehatan masyarakat, penurunan kualitas lingkungan memiliki peran terhadap terjadinya penyakit diare, ISPA, dan malaria.

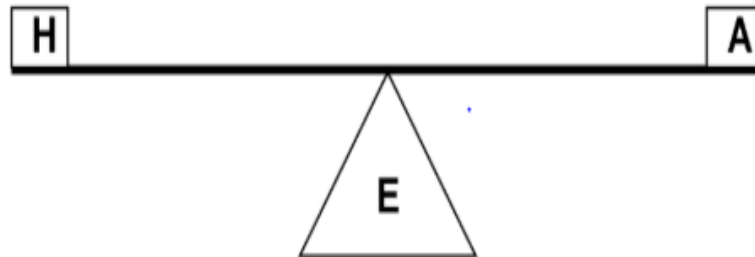
Konsep Teori Gordon Yang Berkaitan Dengan Kesehatan Lingkungan Dan Penyakit

Dalam teori Gordon menyatakan bahwa suatu penyakit timbul karena adanya gangguan terhadap keseimbangan host (tuan rumah), agent (faktor penyebab), environment (lingkungan). Segitiga epidemiologi merupakan konsep dasar epidemiologi yang memberikan gambaran tentang hubungan antara tiga

¹⁵ Endra, Febri, *Paradigma Kesehatan*. 2003.

¹⁶ Kusumawati Yuli, Dwi Astuti, Ambarwati, *Hubungan Antar Pendidikan Dan Pengetahuan Kepala Keluarga Tentang Kesehatan Lingkungan*, Jurnal Kesehatan. 2008.

faktor utama yang berperan dalam terjadinya penyakit dan masalah kesehatan lainnya. Interaksi host, agent dan environment. Merupakan suatu sistem yang dinamis yang berada dalam keseimbangan (equilibrium) pada seseorang (individu) yang sehat ¹⁷.



Host (Tuan Rumah)

Menurut Bustan (2008) faktor host (tuan rumah) adalah manusia atau makhluk hidupnya lainnya, termasuk burung dan antropoda yang menjadi tempat terjadi proses alamiah perkembangan penyakit. Komponen host dapat berupa umur, jenis kelamin, suku keadaan fisiologi tubuh, keadaan imunologi, tingkah laku. Adapun komponen host dapat dibedakan sebagai berikut¹⁸:

- a. Umur, biasanya berhubungan dengan daya tahan tubuh seseorang terhadap penyakit. Seorang bayi masih memiliki kekebalan pasif dan ibunya. Kekebalan semakin berkurang dengan bertambahnya usia. Asupan gizi akan menggantikan fungsi kekebalan dalam menghadapi penyakit.
- b. Jenis Kelamin, sebagian besar penyakit menular menyerang semua jenis kelamin. Perbedaan prevalensi antara laki-laki dan wanita biasanya disebabkan oleh gaya hidup (life style)¹⁹.
- c. Suku, perbedaan banyak ditemukan antara ras kulit putih (white) dengan

¹⁷ M.N.Bustan, A.Arsunan, *Pengantar Epidemiologi*, Jakarta, PT. Rineka Cipta. 2002.

¹⁸ Erviana, Ana, *Studi Epidemiologi Kejadian Leptosirosis Pada Saat Banjir Di Kecamatan Cengkareng Periode Januari-Februari 2014*

¹⁹ A.L.Slamet Riyadi, T.Wijayanyi, *Dasar-dasar Epidemiologi*, Jakarta, Salemba Medika. 2011.

orang kulit hitam (black) di Amerika.

- d. Keadaan Fisiologi Tubuh, seperti kelelahan, kehamilan, pubertas, stress, keadaan gizi.
- e. Keadaan Imunologis, kekebalan yang diperoleh karena adanya infeksi sebelumnya, memperoleh antibody dari ibu, atau pemberian kekebalan buatan (vaksin).
- f. Tingkah Laku, seperti gaya hidup, personal hygiene, hubungan antar pribadi, dan reaksi²⁰.

Agent (Faktor Penyebab)

Menurut Bustan (2008) faktor agent adalah suatu unsur organisme hidup atau kuman infeksi yang dapat menyebabkannya terjadinya suatu penyakit. Faktor agent dapat meliputi: faktor nutrisi, penyebab kimiawi, penyebab fisik seperti radiasi, penyebab biologis, metazoan, virus, dan jamur²¹.

Environment (Lingkungan)

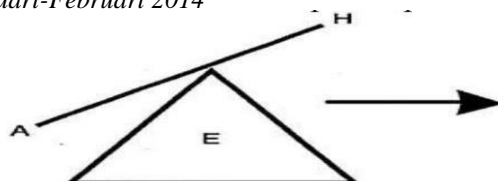
Bustan (2008) menyebutkan bahwa environment (lingkungan adalah semua faktor luar dari suatu individu. Komponen lingkungan dapat berupa lingkungan fisik, biologi dan sosial. Dalam usaha-usaha pencegahan dan kontrol yang efektif terhadap penyakit perlu dipelajari mekanisme interaksi yang terjadi antara agen penyakit, manusia dan lingkungannya. Interaksi ketiganya akan menghasilkan kondisi sehat maupun sakit pada manusia, selengkapnya dijelaskan sebagai berikut :

- a). Interaksi antara agent penyakit dan lingkungan

Suatu keadaan terpengaruhnya agen penyakit secara langsung oleh lingkungan yang menguntungkan agen penyakit. Terjadi pada saat prapatogenesis suatu penyakit, misalnya viabilitas bakteri terhadap sinar

²⁰ M.N.Bustan, A.Arsunan, *Pengantar Epidemiologi*, Jakarta, PT. Rineka Cipta. 2002.

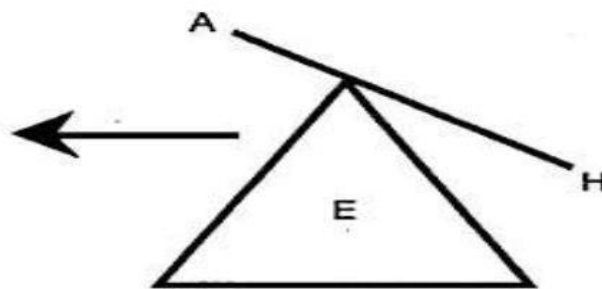
²¹ Erviana, Ana, *Studi Epidemiologi Kejadian Leptospirosis Pada Saat Banjir Di Kecamatan Cengkareng Periode Januari-Februari 2014*



matahari, stabilitas vitamin yang terkandung dalam sayuran di dalam ruang pendingin dan penguapan bahan kimia beracun oleh proses pemanasan global.

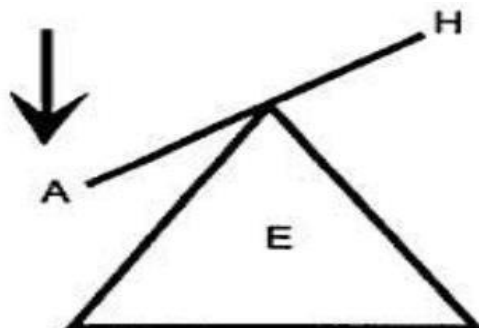
b). Interaksi antara pejamu (manusia) dan lingkungan

Suatu keadaan terpengaruhnya manusia secara langsung oleh lingkungannya dan terjadi pada saat prapatogenesis suatu penyakit, misalnya udara dingin, hujan dan kebiasaan membuat dan menyediakan makanan.



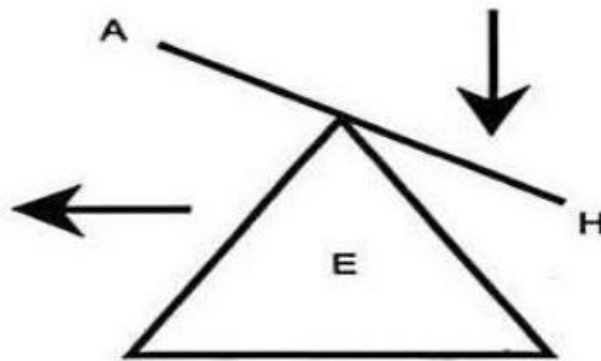
c). Interaksi antara pejamu (manusia) dan agent penyakit

Suatu keadaan agen penyakit yang menetap, berkembang biak dan dapat merangsang manusia untuk menimbulkan respons berupa tanda-tanda dan gejala penyakit, misalnya demam, perubahan fisiologis jaringan tubuh dan pembentukan kekebalan atau mekanisme pertahanan tubuh lainnya. Interaksi yang terjadi dapat berupa sembuh sempurna, kecacatan atau kematian.



d). Interaksi agent penyakit, pejamu (manusia) dan lingkungan

Suatu keadaan saling mempengaruhi antara agen penyakit, manusia dan lingkungan secara bersama-sama dan keadaan tersebut memperberat satu sama lain sehingga memudahkan agen penyakit baik secara tidak langsung maupun langsung masuk ke dalam tubuh manusia, misalnya pencemaran air sumur oleh kotoran manusia akan dapat menimbulkan penyakit muntaber (water borne diseases) ²².



Dalam model interaksi antara *Host*, *Agent*, dan *Environment*. Dalam model interaksi ini, ditemukan ada 5 model interaksi yaitu²³:

- a. **Model I** : Dalam model ini penjamu dalam keadaan sehat karena timbangan dalam keadaan seimbang hasil dari interaksi bibit penyakit, penjamu dan lingkungan ²⁴.
- b. **Model II** : Dalam model ini sudah terjadi ketidakseimbangan dimana bibit penyakit menjadi lebih berat, dimana bibit penyakit mendapat kemudahan menyebabkan penyakit sehingga penjamu menjadi sakit. Salah satu contoh keadaan ini yaitu terjadinya mutasi bibit penyakit.
- c. **Model III** : Dalam model ini sudah terjadi ketidakseimbangan dimana

²² Irwan, 2017, *Epidemiologi Penyakit Menular*, Yogyakarta, CV. Absolute Media

²³ Soemirat, J.S. *Epidemiologi Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 2010.

²⁴ Odi Roni Pinontoan, Oksfriani Jufi Sumampouw, *Dasar Kesehatan Lingkungan*, Yogyakarta, Deepublisher. 2019.

penjamu menjadi lebih peka terhadap penyakit sehingga penjamu menjadi sakit. Contoh keadaan ini yaitu banyaknya populasi balita dimana balita masih peka terhadap penyakit sehingga populasi tersebut rentan terhadap bibit penyakit.

- d. **Model IV :** Dalam model ini sudah terjadi ketidakseimbangan dimana terjadi pergeseran lingkungan yang memudahkan bibit penyakit masuk ke penjamu sehingga penjamu menjadi sakit. Contoh keadaan ini yaitu terjadinya perubahan iklim global yang menyebabkan mutase gen dari bibit penyakit dan populasi masyarakat peka terhadap

penyakit. Selain itu, terjadinya banjir menyebabkan penyakit akibat banjir seperti penyakit kulit dan leptospirosis mudah terkena pada populasi.

- e. **Model V :** Dalam model ini sudah terjadi ketidakseimbangan dimana penjamu menjadi sangat peka terhadap bibit penyakit sehingga penjamu menjadi sakit. Salah satu contoh keadaan ini yaitu adanya pencemaran udara yang menyebabkan gangguan pada tubuh seperti kekurangan oksigen, penyempitan saluran udara ke paru-paru karena sulfur dioksida (SO₂) yang menyebabkan jantung lemah dan pada akhirnya gagal jantung.

Konsep Paradigma Kesehatan Lingkungan Yang Berkaitan Dengan Kesehatan Lingkungan Dan Penyakit

Paradigma sehat merupakan model pembangunan kesehatan yang jangka panjang diharapkan mampu mendorong masyarakat untuk bersikap mandiri dalam menjaga kesehatan mereka sendiri. Paradigma sehat didefinisikan sebagai cara pandang atau pola pikir pembangunan kesehatan yang bersifat holistik, proaktif antisipatif, dengan melihat masalah kesehatan sebagai masalah yang dipengaruhi oleh banyak faktor secara dinamis dan lintas sektoral, dalam suatu wilayah yang berorientasi kepada peningkatan pemeliharaan dan perlindungan terhadap penduduk agar tetap sehat dan bukan hanya penyembuhan penduduk yang sehat.

Pada intinya paradigma sehat memberikan perhatian utama terhadap kebijakan yang bersifat pencegahan dan promosi kesehatan, memberikan dukungan dan alokasi sumber daya sumber daya untuk menjaga agar yang sehat tetap sehat namun tetap mengupayakan yang sakit segera sakit. Pada prinsipnya kebijakan tersebut menekankan pada masyarakat untuk mengutamakan kegiatan kesehatan dari pada menobati penyakit²⁵.

Konsep dasar paradigma kesehatan lingkungan adalah, bahwa terjadinya derajat status kesehatan karena interaksi antara agen, pejamu dan

²⁵ Endra, Febri, 2003, *Paradigma Kesehatan*.

lingkungan

1. Interaksi agen dan lingkungan: Ketahanan bakteri terhadap sinar matahari Stabilitas vitamin di dalam lemari pendingin.
2. Interaksi agen dan pejamu: Timbulnya gejala dan tanda penyakit.
3. Interaksi pejamu dan lingkungan: Ketersediaan fasilitas kesehatan Kebiasaan penyiapan makanan Keadaan ruangan (panas, dingin).

Pemahaman ekosistem manusia adalah proses kejadian penyakit atau patogenesis penyakit. Patogenesis penyakit dipelajari oleh bidang kesehatan yang dikenal sebagai kesehatan lingkungan. komponen lingkungan yang memiliki potensi bahaya penyakit. Ilmu kesehatan lingkungan mempelajari hubungan interaktif antara komponen lingkungan yang memiliki potensi bahaya penyakit dengan berbagai variabel kependudukan seperti perilaku, pendidikan, dan umur²⁶.

²⁶ Ikthiar, Muhammad. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*, Makassar, CV. Social Politic Genus (SIGn). 2017.

BAB 2

HIGIENE DAN SANITASI

2.1 Definisi dan Ruang Lingkup Higiene dan Sanitasi

Higiene adalah usaha kesehatan masyarakat yang menitikberatkan pada upaya pencegahan timbulnya penyakit karena kondisi lingkungan dan mempelajari pengaruh kondisi lingkungan terhadap kesehatan manusia²⁷. Ruang lingkup higiene terdiri atas higiene perorangan/personal higiene dan higiene makanan dan minuman.

Menurut The Department of Health Australia, terdapat kebiasaan personal hygiene yang baik yaitu:

- a. Rajin membersihkan tubuhnya. Jika memungkinkan setiap orang harus memiliki kebiasaan mandi setiap hari. Namun ada kalanya hal ini tidak mungkin seperti ketika orang-orang sedang melakukan kemah diluar dan kekurangan air.
- b. Jika memungkinkan, membersihkan seluruh tubuh dengan spons basah atau kain basah dapat dilakukan.
- c. Membersihkan gigi setidaknya sekali sehari. Menyikat gigi setelah makan adalah cara terbaik untuk memastikan bahwa penyakit gusi dan kerusakan gigi dapat dihindari. Hal ini sangat penting membersihkan gigi pada saat setelah sarapan dan sebelum tidur.
- d. Keramas atau mencuci rambut dengan shampoo atau sabun setidaknya seminggu sekali
- e. Mencuci tangan dengan sabun setelah dari kamar mandi
- f. Mencuci tangan dengan sabun sebelum menyiapkan makanan atau sebelum makan. Selama melaksanakan aktivitas normal sehari-hari kuman penyebab penyakit bisa menempel pada tangan dan masuk kedalam sela-sela kuku. Jika tangan tidak dicuci maka kuman dapat mengkontaminasi makanan.

²⁷ Purnama, S. G. Dasar Dasar Kesehatan Lingkungan. 37-38. (2017).

- g. Rajin mengganti pakaian ke pakaian yang bersih. Pakaian yang kotor harus dicuci dengan sabun cuci sebelum digunakan kembali.
- h. Menggantungkan pakaian di bawah sinar matahari sampai kering. Sinar matahari akan membunuh beberapa kuman penyebab penyakit dan parasit
- i. Berpaling dari orang lain dan menutupi hidung dan mulut dengan tisu atau tangan saat batuk atau bersin. Jika hal ini tidak dilakukan, tetesan cairan yang mengandung kuman dari hidung dan mulut akan menyebar di udara dan orang lain bisa menghirupnya, atau tetesan bisa mengkontaminasi makanan.

Higiene makanan dan minuman

Setiap orang mungkin pernah mengalami kejadian makan suatu makanan dan kemudian menjadi sakit. Hal ini disebut keracunan makanan, yang memiliki gejala seperti mual, muntah, sakit perut, diare, lemas, demam atau kedinginan/berkeringan dan sakit kepala. Keracunan makanan dapat disebabkan oleh makanan yang terkontaminasi oleh bakteri, virus, bahan kimia atau logam beracun seperti timbal atau kadmium. Kebanyakan keracunan makanan yang disebabkan oleh bakteri. Makanan yang telah terkontaminasi dengan bakteri berbahaya tidak selalu terlihat dan dapat dirasakan. Sebagian besar waktu itu terlihat, bau dan rasanya seperti biasanya. Beberapa penyakit keracunan makanan lebih umum daripada yang lain. Misalnya, penyakit yang disebabkan oleh *Staphylococcus aureus* terjadi jauh lebih sering daripada penyakit yang disebabkan oleh *Clostridium botulinum*.

Beberapa makanan menyebabkan keracunan makanan harus dimasak dengan benar dan / atau disimpan dalam lemari es. Ini termasuk ayam, daging, makanan laut, telur, nasi, ham, daging asap, susu dan semua produk susu. Bakteri bereproduksi (berkembang biak) dengan membelah diri kelipatan dua an . Dalam kondisi yang tepat, bakteri berkembang biak pada tingkat yang sangat cepat. Bakteri penyebab penyakit tumbuh optimal pada saat suhu (37 ° C-38 ° C) (Catatan: suhu tubuh manusia adalah 37 ° C), kelembapan dan persediaan makanan (nutrient). Makanan dapat terkontaminasi bakteri penyebab penyakit melalui penanganan makanan yang tidak benar seperti di pabrik di mana ia diproses siap dijual, dalam sebuah truk yang diambil dari pabrik ke toko, di toko, di outlet

makanan seperti kantin sekolah atau dibawa pulang toko, antara toko dan rumah dan di rumah.

Untuk menjaga agar makanan tidak sampai tercemar oleh berbagai zat yang membahayakan kesehatan, maka bahan makanan haruslah dikelola dengan sebaik-baiknya. Dalam kehidupan sehari-hari, jika membicarakan pengelolaan makanan ini, asosiasi biasanya tertuju ketika makanan tersebut dimasak (berada di dapur) atau disajikan (berada di meja makan) saja. Jika ditinjau dari sudut sanitasi makanan, jalan pikiran seperti ini tidaklah begitu tepat. Karena jauh sebelum bahan makanan tersebut berada di dapur atau meja makan, soal sanitasinya seharusnya sudah diperhatikan ²⁸.

Sanitasi

Sanitasi adalah usaha kesehatan masyarakat yang menitikberatkan pada pengawasan terhadap berbagai faktor lingkungan yang mempengaruhi derajat kesehatan masyarakat. Dalam hal ini pengawasan faktor lingkungan yang mempengaruhi terjadinya kesehatan masyarakat yaitu pengawasan kualitas tanah, air, udara, vektor penyakit, pengelolaan makanan dan minuman.

a. Pengawasan Tanah

Tanah difungsikan sebagai media tumbuh dimulai sejak peradaban manusia mulai beralih dari manusia pengumpul pangan yang tidak menetap menjadi manusia pemukim yang mulai melakukan pemindahtanaman/non pangan ke areal dekat mereka tinggal. Terkait dalam dunia kesehatan peran tanah sangat penting dalam hal penularan penyakit dari tanah ke manusia. Pada tanah terdapat berbagai macam makro dan mikroorganisme yang hidup dan berkembang biak secara alami yang dapat setiap saat menginfeksi manusia yang tinggal ditempat tersebut. Makro organisme yang dapat menginfeksi manusia yaitu dari golongan helminthes (cacing) seperti *Ascaris lumbricoides*, *Necator americanus*, *Trichuris*

²⁸ Purnama, S. G. Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan. 2. (2017).

trichiura, Strongyloides stercoralis, Enterobius vermicularis. Secara mikro organisme seperti Clostridium perfringens, Acinetobacter lwoffii.

Pencemaran secara kimia pada tanah juga memiliki peranan penting terhadap kesehatan. Adapun beberapa zat yang mencemari tanah yaitu pestisida, logam berat (Pb & Hg). Dalam hal ini tidak saja mencemari tanah tetapi yang paling utama yaitu dapat mencemari air muka tanah (water table) sehingga mengancam kesehatan individu atau kelompok masyarakat yang mengkonsumsinya sebab akan terjadi bioakumulasi dalam tubuh yang menimbulkan efek kronis.

Dalam menanggulangi pencemaran tanah terdapat dua cara yaitu Remediasi – Remediasi merupakan cara untuk membersihkan permukaan tanah yang mengalami pencemaran tanah. Ada dua jenis dari remediasi ini yaitu in situ dan ex-situ. Pembersihan dengan cara in-situ dilakukan dengan membersihkan lokasi secara langsung sedangkan untuk pembersihan ex-situ dilakukan dengan cara penggalian pada tanah yang terkena cemaran dan memindahkannya ke tempat lain yang lebih aman. Bioremediasi – cara kedua yang dilakukan untuk melakukan penanganan pencemaran tanah. Cara ini dilakukan dengan memberikan mikroorganisme seperti jamur dan bakteri untuk mengurai zat kimia yang ada di dalam tanah. Cara ini mungkin memang lebih lama namun cukup efektif selama ini²⁹.

b. Pengawasan Air

Pada umumnya kualitas air ditinjau dari tiga faktor yaitu dari segi kualitas, kuantitas dan kontinuitas. Kualitas air yang baik harus memenuhi persyaratan sesuai dengan peraturan Permenkes 492 tahun 2010 tentang air minum dan 416 tahun 1999 tentang air bersih. Kualitas air ditinjau dari tiga aspek yaitu fisik, kimia dan biologis. Faktor berikutnya yaitu kuantitas air, dalam hal ini kebutuhan terhadap air setiap negara berbeda-beda. Untuk negara maju kebutuhan akan air bersih yaitu 60 – 120 liter/orang/hari. Sedangkan pada negara berkembang

²⁹ Purnama, S. G. Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan. 2. (2017).

kebutuhan akan air bersih yaitu 30 – 60 liter/orang/hari. Pada negara berkembang umumnya air digunakan untuk keperluan dasar seperti masak, minum, mandi (mandi, cuci, kakus). Sedangkan pada negara maju kebutuhan air semakin kompleks seperti untuk rekreasi (berenang).

c. Pengawasan Udara

Udara merupakan campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi. Komposisi campuran gas tersebut tidak selalu konstan. Komponen yang konsentrasinya paling bervariasi adalah air dalam bentuk uap H₂O dan karbon dioksida CO₂. Jumlah uap air yang terdapat di udara bervariasi tergantung dari cuaca dan suhu. Udara di alam tidak pernah ditemukan bersih tanpa polutan sama sekali. Beberapa gas seperti sulfur dioksida SO₂, hydrogen sulfide H₂S dan karbon monoksida CO selalu dibebaskan ke udara sebagai produk sampingan dari proses-proses alami seperti aktivitas vulkanik, pembusukan sampah organik, kebakaran hutan dan lainnya. Selain itu partikel-partikel padatan atau cairan-cairan berukuran kecil (aerosol) dapat tersebar ke udara oleh angin, letusan vulkanik atau proses alami lainnya. Selain disebabkan polutan alami tersebut, polusi juga disebabkan oleh aktivitas manusia.

d. Pengawasan Vektor Penyakit

Vektor adalah arthropoda yang dapat memindahkan/menularkan suatu infectious agent dari sumber infeksi kepada inang yang rentan (susceptible host). Sedangkan yang dimaksud dengan binatang pengganggu adalah binatang yang dapat mengganggu, menyerang ataupun menularkan penyakit terhadap manusia, binatang maupun tumbuh-tumbuhan. Dalam hal ini perlu dilakukan pengendalian/pemusnahan atau pembasmian/pemusnahan untuk melindungi kesehatan individu atau masyarakat³⁰.

e. Pengawasan pengelolaan makanan dan minuman

³⁰ Purnama, S. G. Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan. 2. (2017).

Untuk menjaga agar makanan tidak sampai tercemar oleh berbagai zat yang membahayakan kesehatan, maka bahan makanan haruslah dikelola dengan sebaik-baiknya. Dalam kehidupan sehari-hari, jika membicarakan pengelolaan makanan ini, asosiasi biasanya tertuju ketika makanan tersebut dimasak (berada di dapur) atau disajikan (berada di meja makan) saja. Jika ditinjau dari sudut sanitasi makanan, jalan pikiran seperti ini tidaklah begitu tepat. Karena jauh sebelum bahan makanan tersebut berada di dapur atau meja makan, soal sanitasinya seharusnya sudah diperhatikan³¹.

2.2 Sanitasi Dasar

a. Air Bersih

Air adalah bagian dari kehidupan dipermukaan bumi. Wolf menyatakan bahwa manusia memerlukan air sebanyak 2.200 gram setiap harinya yang sebenarnya ini merupakan 3.1 % dari berat badan kita. Keberadaan (existance) air di muka bumi diketahui menempati lebih kurang $\frac{3}{4}$ bagian dari luas permukaan bumi. Dari keseluruhan sumber air di bumi, ternyata 97% lautan dan 3% sisanya merupakan air hujan, salju, es dan air dalam tanah. Kemudian kurang lebih 75% air tawar dipermukaan bumi secara permanen berada di daerah kutub dalam bentuk gunung es atau glacier sedangkan sisanya sebagian besar berada didalam lapisan tanah. Sumber air dapat dibagi menjadi tiga klasifikasi yaitu air angkasa, air permukaan dan air tanah³². Kebutuhan manusia akan air sangat kompleks antara lain untuk minum, masak, mandi, mencuci (bermacam macam cucian), dan sebagainya. Menurut perhitungan WHO di negara-negara maju setiap orang memerlukan air antar 60-120 liter perhari. Sedangkan di negara-negara berkembang, termasuk indonesia setiap orang memerlukan air antara 30-60 liter perhari.

³¹ .⁶ Purnama, S. G. Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan. 2. (2017).

Diantara kegunaan-kegunaan air tersebut yang sangat penting adalah kebutuhan untuk minum. Oleh karena itu, untuk keperluan minum (termasuk untuk masak) air harus mempunyai persyaratan khusus agar air tersebut tidak menimbulkan penyakit bagi manusia. Syarat-syarat Air Minum yang sehat³³:

- a. Syarat fisik
- b. Syarat bakteriologis
- c. Syarat kimia

b. Pembuangan Kotoran Manusia (Jamban)

Seorang yang normal diperkirakan menghasilkan tinja rata-rata sehari sekitar 83 gram dan menghasilkan air seni sekitar 970 gram. Kedua jenis kotoran manusia ini sebagian besar berupa air, terdiri dari zat-zat organik (sekitar 20% untuk tinja dan 2,5% untuk air seni), serta zat-zat anorganik seperti zat nitrogen, phosphoric acid, sulfur, dan lain sebagainya. Karena pada lazimnya pembuangan kedua jenis kotoran manusia ini disertai oleh air, maka pembicaraan tentang pembuangan tinja dan air seni, sering pula digabungkan dalam pembicaraan tentang air limbah. Dalam larutan itu zat padat yang dikandungnya menjadi amat kecil sekali, namun demikian tetap mengandung kuman-kuman yang berbahaya bagi kesehatan manusia³⁴. Untuk mencegah ekurang-kurangnya mengurangi kontaminasi tinja terhadap lingkungan maka pembuangan kotoran manusia harus dikelola dengan baik, maksudnya pembuangan kotoran harus disuatu tempat tertentu atau jamban yang sehat. Suatu jamban disebut sehat untuk daerah pedesaan harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

- 1) Tidak mengotori permukaan tanah di sekeliling jamban tersebut.
- 2) Tidak mengotori air permukaan di sekitarnya.
- 3) Tidak mengotori air tanah di sekitarnya.

³³ soekidjo, P. D. *Kesehatan Masyarakat Ilmu & Seni*. Jakarta: PT RINEKA CIPTA. (2017).

³⁴ Purnama, S. G. *Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan*. 2. (2017).

- 4) Tidak terjangkau oleh serangga terutama lalat, kecoa, dan binatang-binatang lainnya.
- 5) Tidak menimbulkan bau.
- 6) Mudah digunakan dan dipelihara.
- 7) Sederhana desainnya.
- 8) Murah.
- 9) Dapat diterima oleh pemakainya.

c. Pengelolaan Limbah

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001, air limbah ialah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Jenis limbah dapat dibedakan menjadi dua yaitu jenis limbah rumah tangga (domestic waste) dan industri (industry waste). Sumber limbah dibedakan menjadi dua yaitu yang bersumber dari aktivitas manusia (human sources) dan aktivitas alam (natural sources). Beberapa pengolahan air limbah yang sering dilakukan ialah³⁵:

1. Dilution

Yakni mencairkan air limbah hingga terjadi kekentalan yang amat rendah. Tentu saja disini diperlukan air yang cukup banyak yang biasanya diambil dari air kali, air danau atau air laut. Umumnya dibutuhkan air 20 sampai 40 kali lebih banyak dari air limbah. Air limbah yang telah dicairkan ini kemudian dibuang ke alam. Cara ini banyak dilakukan di pabrik-pabrik.

2. Preliminary treatment

Yakni pengolahan air tahap pertama yang dimaksudnya ialah untuk memisahkan partikel-partikel padat air limbah, kemudian partikel padat ini diambil untuk dibuang, sedangkan ini diikuti oleh pengolahan berikutnya, seperti memberi disinfektan, dan lain sebagainya.

3. Sedimentation of sewage

³⁵ Purnama, S. G. Dasar-Dasar Kesehatan Lingkungan. 2. (2017).

Yakni mengendapkan air limbah sedemikian rupa sehingga terbentuk sedimen. Untuk terjadinya sedimen dapat dipergunakan septic tank, atau imhoftank, atau dengan menambahkan zat kimia.

4. Filtration

Yakni menyaring air limbah dengan mempergunakan saringan pasir ataupun saringan “trickling” dengan mempergunakan batu atau koral.

5. Activated sludge

Yakni mengalirkan udara ke air limbah sehingga terjadi proses biologis oleh bakteri aerob.

6. Stabilization pond

Yakni menempatkan air limbah pada lubang galian yang luas atau danau. Disini terjadi proses biologis yang aerobik yang akan memisahkan bahan-bahan organik sehingga air menjadi jernih.

7. Disinfection

Yakni pemberian zat desinfektan pada air limbah, biasanya sebagai tindakan pengolahan air limbah lanjutan atau tahap kedua.

8. Sludge disposal

Yakni pengolahan air limbah dengan memakai prinsip biologis yang anaerobic.

9. Irrigation

Yakni mengalirkan air untuk keperluan pertanian tetapi tentu saja akan bermanfaat jika air limbah tersebut mengandung zat kimia yang berbahaya.

d. Pengelolaan Sampah

Sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari bahan organik dan bahan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan. Sampah dalam ilmu kesehatan lingkungan (refuse) sebenarnya hanya sebagian dari benda atau hal-hal yang dipandang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau harus dibuang, sedemikian rupa sehingga sehingga tidak sampai mengganggu kelangsungan kelangsungan hidup. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa

yang dimaksudkan dengan sampah (refuse) ialah sebagian dari sesuatu yang tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang harus dibuang, yang umumnya berasal dari kegiatan yang dilakukan oleh manusia (termasuk kegiatan industry), tetapi yang bukan biologis (karena human waste tidak termasuk ke dalamnya) dan umumnya bersifat padat (karena air bekas tidak termasuk di dalamnya)³⁶.

2.3 Persyaratan dan Indikator Sanitasi yang Memenuhi Syarat Kesehatan

Berdasarkan ketentuan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, kualitas lingkungan yang sehat ditentukan melalui pencapaian atau pemenuhan Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan.

³⁶ Purnama, S. G. Dasar Dasar Kesehatan Lingkungan. 37-38. (2017).

BAB 3

ASPEK KESEHATAN DAN PENYEDIAAN AIR MINUM/ AIR BERSIH

3.1 Definisi Air Bersih, Air Minum dan Sumber Air

a. Definisi Air Bersih dan Air Minum

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 416/Menkes/Per /IX/1990 tentang syarat-syarat pengawasan kualitas air, air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat-syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak, sementara air minum adalah air yang kualitasnya memenuhi syarat-syarat kesehatan dan langsung dapat diminum³⁷. Sedangkan, menurut Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang melalui syarat dan dapat langsung diminum³⁸. Dalam hal ini, air minum harus terjamin dan aman bagi kesehatan, air minum yang aman bagi kesehatan harus memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan. Selanjutnya menurut Sutrisno (1991) air minum dalam kehidupan manusia merupakan salah satu kebutuhan paling esensial, sehingga kita perlu memenuhinya dalam jumlah dan kualitas yang memadai³⁹.

³⁷ Marwah, Uridna. Adhi, Yuniarto. Analisis Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih di Kecamatan Simokerto dan Kecamatan Semampir Kota Surabaya. Departemen Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Surabaya. (Institut Teknologi Sepuluh November, 2017).

³⁸ Khoirunnisa, Nadia. Peran Penyelenggara Air Minum dalam Meningkatkan Sistem Penyediaan Air Minum. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia.

³⁹ Totok, Sutrisno. Teknologi Penyediaan Air Bersih. Rineka Cipta: Jakarta. 1991.

b. Sumber Air

Sumber air adalah salah satu komponen utama yang ada pada suatu sistem penyediaan air bersih, karena tanpa sumber air maka suatu sistem penyediaan air bersih tidak akan berfungsi. Sumber air bersih untuk kebutuhan hidup sehari-hari secara umum harus memenuhi standar kualitas air bersih.

Sumber Air dapat digolongkan sebagai berikut:

1. Air Hujan, berasal dari air permukaan bumi yang diuapkan oleh sinar matahari. Air permukaan tersebut berupa air sungai, air danau dan air laut. Sinar matahari menguapkan air permukaan tanpa membawa kotoran yang terdapat di dalam air. Setelah proses penguapan, air mengalami proses kondensasi, dimana air yang menguap tersebut berubah menjadi air. Hingga terbentuklah awan. Lama kelamaan, awan tersebut menjadi jenuh dan turunlah titik-titik air hujan
2. Air Permukaan, yaitu semua air yang terdapat pada permukaan tanah antara lain air di dalam sistem sungai, air di dalam sistem irigasi, air di dalam sistem drainase, air waduk, danau, kolam retensi. Air permukaan ada dua macam yaitu air sungai dan air rawa. Air sungai digunakan sebagai air minum, seharusnya melalui pengolahan yang sempurna, mengingat bahwa air sungai ini pada umumnya mempunyai derajat pengotoran yang tinggi⁴⁰. Debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan akan air minum pada umumnya dapat mencukupi. Air rawa kebanyakan berwarna disebabkan oleh adanya zat-zat organik yang telah membusuk, yang menyebabkan warna kuning coklat, sehingga untuk pengambilan air sebaiknya dilakukan pada kedalaman tertentu di tengah-tengah. Air dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya untuk kebutuhan domestik, irigasi atau pertanian, pembangkit listrik, pelayaran, industri, wisata dll⁴¹.

⁴⁰ Hefni, Effendi. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius (Anggota IKAPI): Yogyakarta. 2003. Hal. 17.

⁴¹ Kodoatie, Robert J., dan Roestam, Sjaref. Pengelolaan Sumber Air Daya Terpadu. Yogyakarta: Andi. 2005

3. Air Tanah, adalah air yang berada di dalam tanah. Air tanah dibagi menjadi dua, air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal merupakan air yang berasal dari air hujan yang diikat oleh akar pohon. Air tanah ini terletak tidak jauh dari permukaan tanah serta berada di atas lapisan kedap air. Sedangkan air tanah dalam adalah air hujan yang meresap ke dalam tanah lebih dalam lagi melalui proses adsorpsi serta filtrasi oleh batuan dan mineral di dalam tanah. Sehingga berdasarkan prosesnya air tanah dalam Air hujan lebih jernih dari air tanah dangkal. Air tanah ini bisa didapatkan dengan cara membuat sumur.
4. Air Mata Air, adalah air hujan yang meresap ke dalam tanah melalui proses filtrasi dan adsorpsi oleh batuan dan mineral dalam tanah. Air mata air yang baik berasal dari pegunungan vulkanik karena mineral-mineral yang terkandung didalamnya dapat mengadsorpsi kandungan logam dalam air dan bakteri. Selain itu, kandungan mineralnya baik untuk kesehatan tubuh, dan mengandung kadar O₂ yang tinggi. Oleh karena itu, air dari mata air terasa lebih segar dikonsumsi daripada air yang berasal dari sumber lainnya⁴².

3.2 Persyaratan Kuantitas, Kualitas dan Kontinuitas Air Minum/Air Bersih

Sesuai dengan badan kesehatan dunia (WHO) maupun badan setempat (Departemen Kesehatan) serta ketentuan atau peraturan lain yang berlaku seperti APHA (American Public Health Association atau Asosiasi Kesehatan Masyarakat AS), layak tidaknya air untuk kehidupan manusia ditentukan berdasarkan persyaratan kualitas secara fisik, secara kimia, secara biologis dan radioaktivitas. Sedangkan persyaratan kuantitas dan kontinuitas air minum harus dapat memenuhi setiap segi kehidupan masyarakat dan tersedia dalam jumlah yang cukup baik untuk disalurkan secara terus menerus maupun untuk jam-jam tertentu. Parameter pada persyaratan kualitas air minum menurut Permenkes RI nomor 492/MENKES/PER/IV/2010, dapat dilihat pada tabel berikut ini :

⁴² Fety, Kumalasari. Yogi Satoto. Teknik Praktis Pengolahan Air Kotor Menjadi Air Bersih Hingga Layak Diminum. Laka Aksara : Jakarta. 2011.

Tabel 3.1 Persyaratan Kualitas Air Minum

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang di perbolehkan
1.	Parameter Wajib		
	A. Parameter Mikrobiologi		
	1. E. Coli	Jumlah per 100 ml	0
	2. Total Bakteri Koliform	Sampel Jumlah per 100 ml sampel	0
	B. Kimia An-organik		
	1. Arsen	mg/l	0,01
	2. Fluoride	mg/l	1,5
	3. Total Kromium	mg/l	0,05
	4. Kadmium	mg/l	0,003
	5. Nitrat	mg/l	3
	6. Nitrit	mg/l	50
	7. Sianida	mg/l	0,07
	8. Selenium	mg/l	0,01
2.	Parameter Tidak Wajib		
	A. Fisik		
	1. Bau		Tidak Berbau
	2. Warna	TCU	15
	3. TDS	Mg/l	500
	4. Kekeruhan	NTU	5
	5. Rasa		Tidak Berasa
	6. Suhu	°C	Kurang lebih 3
	b. Kimiawi		
	1. Alumunium	mg/l	0,2
	2. Besi	mg/l	0,3
	3. Kesadahan	mg/l	500
	4. Khlorida	mg/l	250
	5. Mangan	mg/l	0,4
	6. pH	mg/l	6,5-8,5

	7. seng	mg/l	3
	8. Sulfat	mg/l	250
	9. Tembaga	mg/l	2
	10. Ammonia	mg/l	1,5
3.	Parameter Tambahan		
	A. Radioaktifitas		
	1. Gross alpha activity	Bq/l	0,1
	2. Gross beta activity	Bq/l	1

Keterangan : mg = milligram; ml = milliliter; L = liter; Bq = Bequerel; NTU = *Nephelometrik Turbidity Units*; TCU = *True Colour Units*.

Tabel 3.2 Persyaratan Kualitas Air Bersih

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 5	Deviasi temperatur dari keadaan alaminya
Residu terlarut	Mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu tersuspensi	Mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/L
KIMIA ANORGANIK						
Ph		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	Mg/L	2	3	6	12	
COD	Mg/L	10	25	50	100	

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
DO	Mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sbg P	Mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO ₃ sbg N	Mg/L	10	10	20	20	
NH ₃ -N	Mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka $\leq 0,02$ mg/L sebagai NH ₃
Arsen	Mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	Mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	Mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	Mg/L	1	1	1	1	
Selenium	Mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	Mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	Mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	Mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu ≤ 1 mg/L
Besi	Mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L
Timbal	Mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb $\leq 0,1$ mg/L
Mangan	Mg/L	0,1	(-)	(-)	(-)	
Air raksa	Mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	Mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Zn ≤ 5

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
						mg/L
Khlorida	Mg/L	600	(-)	(-)	(-)	
Sianida	Mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	Mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	
Nitrit sbg N	Mg/L	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $\text{NO}_2\text{-N} \leq 1 \text{ mg/L}$
Sulfat	Mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Khlorin bebas	Mg/L	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belerang sbg H_2S	Mg/L	0,002	0,002	0,002	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, S sebagai $\text{H}_2\text{S} < 0,1 \text{ mg/L}$
MIKROBIOLOG I						
Fecal coliform	jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform $\leq 2000 \text{ jml} / 100 \text{ ml}$ dan total coliform $\leq 10000 \text{ jml/100 ml}$
Total coliform	jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	
RADIOAKTIVITAS						
Gross-A	Bq /L	0,1	0,1	0,1	0,1	
Gross-B	Bq /L	1	1	1	1	
KIMIA						

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
ORGANIK						
Minyak dan lemak	ug /L	1000	1000	1000	(-)	
Detergen sbg MBAS	ug /L	200	200	200	(-)	
Senyawa fenol	ug /L	1	1	1	(-)	
BHC	ug /L	210	210	210	(-)	
Aldrin/Dieldrin	ug /L	17	(-)	(-)	(-)	
Chlordane	ug /L	3	(-)	(-)	(-)	
DDT	ug /L	2	2	2	2	
Heptachlor dan heptachlor epoxide	ug /L	18	(-)	(-)	(-)	
Lindane	ug /L	56	(-)	(-)	(-)	
Methoxychlor	ug /L	35	(-)	(-)	(-)	
Endrin	ug /L	1	4	4	(-)	
Toxaphan	ug /L	5	(-)	(-)	(-)	

Sumber: Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Keterangan: Mg= miligram; ug= microgram; ml= milliliter; L= liter, Bq= Bequerel; MBAS= *Methylene Blue Active Substance*; ABAM= Air Baku untuk Air Minum.

Persyaratan Kuantitas Air Bersih

Persyaratan kuantitas air bersih ditinjau dari banyaknya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang dilayani. Persyaratan kuantitas juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih. Kebutuhan air bersih masyarakat bervariasi, tergantung pada letak geografis, kebudayaan, tingkat ekonomi, dan skala perkotaan tempat tinggalnya.

Persyaratan Kontinuitas Air Bersih

Air baku untuk air bersih harus dapat diambil dengan frekuensi debit yang relatif tetap, baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan. Kontinuitas juga dapat

diartikan bahwa air bersih harus tersedia 24 jam perhari, atau setiap saat diperlukan, kebutuhan air tersedia. Akan tetapi kondisi ideal tersebut hampir tidak dapat dipenuhi pada setiap wilayah di Indonesia, sehingga untuk menentukan tingkat kontinuitas pemakaian air dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktifitas konsumen terhadap prioritas pemakaian air.

Prioritas pemakaian air yaitu minimal selama 12 jam per hari, yaitu pada jam-jam aktifitas kehidupan, yaitu pada pukul 06.00 – 18.00. Kontinuitas aliran sangat penting ditinjau dari dua aspek. Pertama adalah kebutuhan konsumen. Sebagian besar konsumen memerlukan air untuk kehidupan dan pekerjaannya, dalam jumlah yang tidak ditentukan. Karena itu, diperlukan pada waktu yang tidak ditentukan. Karena itu, diperlukan reservoir pelayanan dan fasilitas energi yang siap setiap saat. Sistem jaringan perpipaan didesain untuk membawa suatu kecepatan aliran tertentu. Kecepatan dalam pipa tidak boleh melebihi 0,6–1,2 m/dt. Ukuran pipa harus tidak melebihi dimensi yang diperlukan dan juga tekanan dalam sistem harus tercukupi. Dengan analisis jaringan pipa distribusi, dapat ditentukan dimensi atau ukuran pipa yang diperlukan sesuai dengan tekanan minimum yang diperbolehkan agar kuantitas aliran terpenuhi.

3.3 Penyakit yang ditularkan melalui air (*Waterborne Diseases*)

Waterborne Disease merupakan penyakit yang ditularkan langsung melalui air, dimana air tersebut mengandung kuman patogen dan terminum oleh manusia sehingga dapat menimbulkan penyakit. *Waterborne disease* diakibatkan oleh mikroorganisme berupa bakteri, parasit, dan virus.

Cara Penyebaran *Waterborne Disease*, terdiri dari :

- a. *Waterborne Disease*, Penyakit yang ditularkan langsung melalui air minum, dimana air yang diminum mengandung kuman pathogen sehingga menyebabkan orang yang bersangkutan menjadi sakit.
- b. *Waterwashed Disease*, Penyakit yang disebabkan oleh higienitas air yang buruk. Cara penularannya dapat berupa:

1. Infeksi pada saluran Infeksi melalui alat pencernaan, seperti diare pada anak-anak.
 2. Infeksi melalui kulit dan mata, seperti scabies dan trachoma.
 3. Penularan melalui binatang pengerat seperti pada penyakit leptospirosis.
- c. *Waterbased Disease*, Penyakit yang disebabkan oleh bibit penyakit yang sebagian siklus kehidupannya berhubungan dengan air. Contohnya: skistosomiasis dan penyakit akibat *Dracunculus medinensis*.
- d. *Water-related insect vector Disease*, Penyakit yang disebabkan oleh vektor penyakit yang sebagian atau seluruh perindukannya berada di air. Contohnya adalah demam berdarah, malaria, filariasis, dsb.⁴³

Penyakit yang tergolong dalam *Waterborne Disease*, terdiri dari:

1. Tifus, merupakan penyakit infeksi akut yang disebabkan oleh bakteri *Salmonella typhi*. Penyakit ini disebabkan oleh kurang memelihara kebersihan lingkungan dan mengkonsumsi makanan yang tidak higienis. Penyakit tifus menular melalui air dan makanan yang tercemar oleh air seni dan tinja penderita penyakit ini. Penyakit tifus dapat juga ditularkan oleh kotoran yang dibawa oleh lalat dan kecoa, yang menempel di tempat-tempat yang dihindapinya. Penularan kuman terjadi melalui mulut, masuk ke dalam lambung, menuju kelenjar limfoid usus kecil, kemudian masuk ke dalam peredaran darah. Pada umumnya, mereka yang terinfeksi penyakit ini akan mengalami keluhan dan gejala seperti demam tinggi, sakit kepala, mual, muntah, nafsu makan menurun, sakit perut, diare atau sembelit (sulit buang air besar). Suhu tubuh meningkat terutama pada sore dan malam hari. Pencegahan penyakit tifus dapat dilakukan dengan membiasakan melindungi makanan dari hewan pembawa penyakit, seperti lalat, kecoa, dan tikus; mencuci tangan dengan sabun setelah buang air dan

⁴³ Cliver, D.O. Significance of water and environment in the Transmission of virus disease. Monogr. Virol. 1984.

sebelum makan; serta menghindari membeli jajanan di tempat-tempat yang kurang bersih⁴⁴.

2. Kolera, penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri *Vibrio Cholerae* yang menyerang usus kecil. Bakteri ini biasanya masuk ke dalam tubuh melalui air minum yang terkontaminasi akibat sanitasi yang buruk. Di dalam tubuh manusia, bakteri *Vibrio cholerae* akan menghasilkan racun yang menyebabkan usus halus melepaskan sejumlah besar cairan garam dan mineral dari dalam tubuh. Bakteri ini amat sensitif terhadap asam lambung, sehingga penderita yang kekurangan asam lambung cenderung menderita penyakit ini. Penderita kolera akan mengalami gejala mulai dari diare hebat, keram perut, mual, muntah, hingga dehidrasi. Kolera dapat menyebar luas dengan sangat cepat, terutama di lingkungan yang tidak bersih. Sebagai pertolongan pertama, penderita kolera harus diberi air minum dalam jumlah yang cukup banyak, karena kematian pada kolera lebih disebabkan kekurangan cairan, bukan keganasan bakteri kolera. Jagalah kebersihan rumah yang ada penderita kolera. Dalam kondisi itu usahakanlah untuk selalu menggunakan sendok saat menyantap makanan dan lebih sering mencuci tangan dengan sabun. Muntahan dan tinja penderita kolera merupakan sumber bakteri kolera. Oleh karena itu, kamar mandi dan kamar kecil sebaiknya dibersihkan dengan menggunakan larutan antiseptik pembasmi bakteri⁴⁵.
3. Disentri, merupakan peradangan pada usus besar. Gejala penyakit ini ditandai dengan sakit perut dan buang air besar encer secara terus menerus (diare) yang bercampur dengan lendir, nanah, dan darah. Berdasarkan penyebabnya, disentri dapat dibedakan menjadi dua, yaitu disentri amuba dan disentri basiler. Disentri amuba disebabkan oleh infeksi parasit

⁴⁴ Sobsey, M.D., and B.Olson. Microbial agents of waterborne disease, in : Assesment of Microbiology and Turbidity Standards of drinking water, P.S Berger and Argaman, Eds. EPA Report EPA 570-9-83-001. 1983.

⁴⁵ Bitton, G. Wastewater Microbiology. Wiley-Liss, New York. 1994

Entamoeba histolytica dan disentri basiler disebabkan oleh infeksi bakteri *Shigella*. Bakteri tersebut dapat tersebar dan menular melalui makanan dan air yang sudah terkontaminasi kotoran dan bakteri yang dibawa oleh lalat. Lalat merupakan serangga yang hidup di tempat yang kotor dan bau, sehingga bakteri dengan mudah menempel di tubuhnya dan menyebar di setiap tempat yang diinggapi. Serupa dengan penanganan penyakit gangguan pencernaan lainnya, penderita harus segera mendapat asupan cairan untuk mencegah terjadinya dehidrasi. Dalam keadaan darurat, dehidrasi ringan dapat di atasi dengan pemberian oralit. Jika cairan yang hilang tidak segera tergantikan, dapat menyebabkan kematian pada penderita. Langkah pencegahan yang dapat dilakukan untuk mengantisipasi penyakit disentri adalah dengan memperhatikan pola hidup sehat dan bersih; menjaga kebersihan makanan dan minuman dari kontaminasi kotoran dan serangga pembawa bakteri; dan membiasakan untuk selalu mencuci tangan sebelum makan⁴⁶.

4. Hepatitis E, memiliki diameter partikel 32-34 nm, dan sangat labil. Berdasarkan sifat fisika-kimiawinya, virus ini diduga termasuk golongan virus calici. Hepatitis E ternyata menjadi beberapa wabah (epidemi) hepatitis di Asia, Afrika, Amerika latin. Hepatitis E ditularkan melalui kontaminasi air sumur yang dapat menyebabkan sakit yang mendadak yang tidak terlalu berat kecuali pada ibu hamil dimana mortalitasnya cukup tinggi. Beberapa virus lain dapat menyebabkan hepatitis walaupun jenis virus tersebut lebih dikaitkan dengan penyakit lain. Misalnya, Mononucleosis infeksiosa, Herpes simplex. Pada beberapa kasus hepatitis penyebabnya tidak dapat dideteksi. Penyakit ini dapat dicegah dengan penanganan makanan secara higienis dan pemanasan yang merata (di atas 80°C)⁴⁷.

⁴⁶ Craun, G.F., Ed. Waterborne disease in The United State. CRC Press, Boca Rotan. 1986.

⁴⁷ Gerba, C.P., S.N. Singh, and J.B. Rose. Waterborne gastroenteritis and viral hepatitis. CRC Crit. Rev. Environ. Control. 1985

BAB 4

PENGELOLAAN LIMBAH CAIR DAN PADAT

4.1 Pengelolaan Limbah Cair

Limbah adalah bahan sisa pada suatu kegiatan dan/atau proses produksi, termasuk di sini limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun). Menurut Peraturan Pemerintah No. 18 tahun 1999 tentang pengolahan limbah berbahaya dalam pasal 1 menyebutkan “Limbah bahan berbahaya dan beracun, disingkat limbah B3, adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain”.

Limbah adalah buangan yang kehadirannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomi. Limbah yang mengandung bahan polutan yang memiliki sifat racun dan berbahaya dikenal dengan limbah B-3, yang dinyatakan sebagai bahan yang dalam jumlah relative sedikit tetapi berpotensi untuk merusak lingkungan hidup dan sumber daya.⁴⁸

Dari beberapa pengertian diatas, maka limbah dapat didefinisikan sebagai sesuatu yang dibuang dari sumbernya karena tidak digunakan, tidak diinginkan yang berasal dari kegiatan manusia.

Klasifikasi Limbah

Menurut Kristanto (2004) limbah dapat dibedakan berdasarkan nilai ekonomisnya dapat digolongkan dalam 2 golongan yaitu :

1. Limbah yang memiliki nilai ekonomis limbah yang dengan proses lebih lanjut/diolah dapat memberikan nilai tambah. Contohnya : limbah dari

⁴⁸ Kusnoputranto, Haryoto. 2000. *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia

pabrik gula yaitu tetes, dapat dipakai sebagai bahan baku pabrik alkohol, ampas tebu dapat dijadikan bubur pulp dan dipakai untuk pabrik kertas. Limbah pabrik tahu masih banyak mengandung protein dapat dimanfaatkan sebagai media untuk pertumbuhan mikroba misalnya untuk produksi Protein Sel Tunggal/PST atau untuk alga, misalnya *Chlorella sp.*

2. Limbah non ekonomis limbah yang tidak akan memberikan nilai tambah walaupun sudah diolah, pengolahan limbah ini sifatnya untuk mempermudah sistem pembuangan. Contohnya: limbah pabrik tekstil yang biasanya terutama berupa zat-zat pewarna.

Berdasarkan sifatnya limbah dapat dibedakan menjadi :

1. Limbah padat adalah hasil buangan industri yang berupa padatan, lumpur, bubur yang berasal dari sisa kegiatan dan atau proses pengolahan. Contohnya : limbah dari pabrik tapioka yang berupa ongkok, limbah dari pabrik gula berupa bagase, limbah dari pabrik pengalengan jamur, limbah dari industri pengolahan unggas, dan lain-lain.
2. Limbah Cair adalah sisa dari proses usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Contohnya antara lain : Limbah dari pabrik tahu dan tempe yang banyak mengandung protein, limbah dari industri pengolahan susu, dan limbah deterjen pencucian.
3. Limbah gas/asap adalah sisa dari proses usaha dan/atau kegiatan yang berwujud gas/asap. Contohnya : limbah dari pabrik semen

Limbah Cair

Limbah cair adalah gabungan atau campuran dari air dan bahan-bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang terbuang dari sumber domestik (perkantoran, perumahan, dan perdagangan), sumber industri dan pada saat tertentu tercampur dengan air tanah, air permukaan, atau air hujan.⁴⁹

⁴⁹ Soeparman dan Suparmin. 2002. *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC

Menurut Sugiharto (2008)⁵⁰, air limbah (*wastewater*) adalah kotoran dari manusia dan rumah tangga serta berasal dari industri, atau air permukaan serta buangan lainnya. Dengan demikian air buangan ini merupakan hal yang bersifat kotoran umum. Batasan lain mengatakan bahwa air limbah adalah kombinasi dari cairan dan sampah yang berasal dari daerah permukiman, perdagangan dan industri, bersama-sama dengan air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada.

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah dapat berasal dari rumah tangga (*domestic*), maupun industri (*industry*).⁵¹

Sumber Air Limbah

Menurut Chandra (2006)⁵², air limbah dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain:

1. Air buangan rumah tangga (*domestic wastes water*), misalnya air buangan bekas cucian, air bekas memasak, air bekas mandi dan sebagainya.
2. Air buangan kotapraja/ perkotaan (*municipal wastes water*), misalnya air buangan dari daerah perkantoran, perdagangan, hotel, selokn, restoran, tempat-tempat umum, tempat ibadah, dan sebagainya.
3. Air buangan industri (*industrial wastes water*), misalnya air limbah dari pabrik baja, pabrik tinta, pabrik cat, dan dari pabrik karet.

⁵⁰ Sugiharto. 2008. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta : Universitas Indonesia.

⁵¹ Mulia, Ricky.M. 2005. *Pengantar Kesehatan Lingkungan. Edisi pertama*, Yogyakarta: Graha Ilmu.

⁵² Chandra, Budiman. 2006. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: EGC

Karakteristik Air Limbah

Menurut Chandra (2006)⁵³, ada beberapa karakteristik khas yang dimiliki air limbah seperti berikut ini:

1. Karakteristik Fisik

Air limbah terdiri dari 99,9% air, sedangkan kandungan bahan padatnya mencapai 0,1% dalam bentuk suspensi padat (*suspended solid*) yang volumenya bervariasi antara 100-500 mg/l. apabila volume suspensi padat kurang dari 100 mg/l, air limbah disebut lemah, sedangkan bila lebih dari 500 mg/l disebut kuat.

2. Karakteristik Kimia

Air limbah biasanya bercampur dengan zat kimia anorganik yang berasal dari air bersih dan zat organik dari limbah itu sendiri. Saat keluar dari sumber, air limbah bersifat basa. Namun, air limbah yang sudah lama atau membusuk akan bersifat asam karena sudah mengalami kandungan bahan organiknya telah mengalami proses dekomposisi yang dapat menimbulkan bau tidak menyenangkan. Komposisi campuran dari zat-zat itu dapat berupa:

- a. Gabungan dengan nitrogen misalnya urea, protein, atau asam amino
- b. Gabungan dengan non-nitrogen misalnya lemak, sabun, atau karbohidrat.

3. Karakteristik Bakteriologis

Bakteri patogen yang terdapat dalam air limbah biasanya termasuk golongan *E.coli*.

Parameter Air Limbah

Parameter air limbah perlu diketahui agar dapat ditentukan apakah air tersebut sudah tercemar dan dapat dikatakan air limbah. Menurut Kusnopranto (2001), beberapa parameter yang digunakan dalam pengukuran kualitas air limbah antara lain adalah:

1. Kandungan Zat Padat

Yang diukur adalah dalam bentuk *total solid*, *suspended solid*, dan *dissolved solid*.

⁵³ Chandra, Budiman. 2006. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: EGC

2. Kandungan Zat Organik

Salah satu penentuan zat organik adalah dengan mengukur BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dari air buangan. BOD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk melakukan dekomposisi aerobik bahan-bahan dalam larutan, dibawah kondisi waktu dan suhu tertentu (biasanya lima hari pada 20°C).

3. Kandungan Zat Anorganik

Beberapa komponen zat anorganik yang penting adalah nitrogen dalam senyawaan nitrat, fosfor, H₂O dalam zat beracun, dan logam berat seperti Hg, Cd, Pb, dan lainnya.

4. Gas

Adanya gas N₂, O₂, dan CO₂ pada air limbah berasal dari udara yang larut kedalam air sedangkan gas H₂S, NH₃, dan CH₄ berasal dari proses dekomposisi air limbah. Oksigen dapat diketahui dengan mengukur DO (*Dissolved Oxygen*). Makin rendah DO maka makin tinggi kandungan zat organiknya.

5. Kandungan Bakteriologis

Untuk menganalisis bakteri patogen dalam air limbah cukup sulit sehingga parameter mikrobiologis digunakan perkiraan terdekat jumlah golongan *coliform* (MPN/*Most Probably Number*) dalam sepuluh mili limbah serta perkiraan terdekat jumlah golongan *coliform* tinja dalam seratus mili air limbah.

6. Ph

Pengukuran pH berkaitan dengan proses pengolahan biologis karena pH yang kecil akan lebih menyulitkan, disamping akan mengganggu kehidupan dalam air bila dibuang ke perairan terbuka.

7. Suhu

Suhu air limbah umumnya tidak banyak berbeda dengan suhu udara, tapi lebih tinggi dari suhu air minum.

Tujuan Pengelolaan Air Limbah

Air limbah sebelum dilepas ke pembuangan akhir harus menjalani pengolahan terlebih dahulu. Untuk dapat melaksanakan pengolahan air limbah

yang efektif diperlukan rencana pengelolaan yang baik. Disamping itu, pengelolaan air limbah penting dilakukan agar air limbah yang mengandung banyak mikroorganisme patogen dan menimbulkan bau dapat diolah agar saat dibuang tidak mencemari badan air maupun dari segi estetikanya dan sesuai dengan baku mutu. Menurut Chandra (2006)⁵⁴, adapun tujuan dari pengelolaan air limbah itu sendiri, antara lain:

1. Mencegah pencemaran pada sumber air rumah tangga.
2. Melindungi hewan dan tanaman yang hidup di dalam air.
3. Menghindari pencemaran tanah permukaan.
4. Menghilangkan tempat berkembangbiaknya bibit dan vektor penyakit.

Menurut Azwar (1996)⁵⁵, pengolahan air limbah pada dasarnya bertujuan untuk:

1. Melindungi kesehatan anggota masyarakat dari ancaman terjangkitnya penyakit. Hal ini mudah dipahami karena air limbah sering dipakai sebagai tempat berkembangbiaknya pelbagai macam bibit penyakit.
2. Melindungi timbulnya kerusakan tanaman, terutama jika air limbah tersebut mengandung zat organis yang membahayakan kelangsungan hidup.
3. Menyediakan air bersih yang dapat dipakai untuk keperluan hidup sehari-hari, terutama jika sulit ditemukan air yang bersih.

Sistem Pengelolaan Air Limbah

Menurut Chandra (2006), sistem pengolahan limbah cair yang diterapkan harus memenuhi persyaratan berikut :

1. Tidak mengakibatkan kontaminasi terhadap sumber-sumber air minum.
2. Tidak mengakibatkan pencemaran air permukaan.
3. Tidak menimbulkan pencemaran pada flora dan fauna yang hidup di air.
4. Tidak dihindangi oleh vektor atau serangga yang menyebabkan penyakit.

⁵⁴ Chandra, Budiman. 2006. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: EGC

⁵⁵ Azwar, Azrul. 1996. *Menjaga Mutu Pelayanan Kesehatan*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan

5. Tidak terbuka dan harus tertutup.
6. Tidak menimbulkan bau atau aroma tidak sedap.

Cara Pengelolaan Air Limbah

Menurut Soekidjo (2007)⁵⁶, pengolahan limbah cair dimaksudkan untuk melindungi lingkungan hidup terhadap pencemaran air limbah tersebut. Beberapa cara pengolahan air limbah, antara lain:

1. Pengenceran (*dilution*)

Limbah cair diencerkan sampai mencapai konsentrasi yang cukup rendah, kemudian dibuang ke badan air. Semakin bertambahnya penduduk, maka semakin meningkat kegiatan manusia. Artinya, air limbah yang harus dibuang bertambah banyak. Maka, diperlukan air pengenceran yang banyak pula. Oleh sebab itu, cara ini dapat dilakukan pada tempat-tempat yang banyak air permukaannya.

2. Kolam Oksidasi (*oxidation ponds*)

Pada prinsipnya, cara ini adalah pemanfaatan sinar matahari, ganggang, bakteri, dan oksigen dalam proses pembersihan alamiah. Limbah cair dialirkan ke kolam besar berbentuk segi empat dengan kedalaman 1-2 meter. Dinding dan dasar kolam tidak perlu dilapisi apapun. Lokasi kolam harus jauh dari daerah pemukiman dan di daerah terbuka sehingga sirkulasi angin baik. Cara kerjanya: ganggang melakukan proses fotosintesis dengan bantuan sinar matahari sehingga dihasilkan oksigen. Oksigen tersebut digunakan oleh bakteri aerobik untuk melakukan dekomposisi zat-zat organik yang terdapat dalam limbah cair. Sebagai hasilnya, nilai BOD akan berkurang sehingga relatif aman bila dibuang ke badan-badan air.

3. Irigasi (*irrigation*)

Limbah cair dialirkan kedalam parit – parit terbuka yang digali, dan air akan merembes masuk kedalam tanah melalui dasar dan dinding parit-parit

⁵⁶ Soekidjo, Notoatmodjo. 2007. *Kesehatan Masyarakat Ilmu dan Seni*. Jakarta : Rineka Cipta

tersebut. Dalam keadaan tertentu, limbah cair dapat digunakan untuk pengairan ladang pertanian atau perkebunan dan sekaligus berfungsi untuk pemupukan. Hal ini terutama untuk limbah cair yang berasal dari rumah tangga, perusahaan susu sapi, rumah potong hewan, dan lainnya dimana kandungan zat organik dan protein cukup tinggi untuk tanaman.

Dampak Buruk Limbah Cair

Air limbah yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan dampak buruk bagi makhluk hidup dan lingkungannya. Menurut Mulia (2005)⁵⁷, beberapa dampak buruk tersebut adalah sebagai berikut:

1. Gangguan kesehatan

Air limbah dapat mengandung bibit penyakit yang dapat menimbulkan penyakit bawaan air (*waterborne disease*). Selain itu di dalam air limbah mungkin juga terdapat zat-zat berbahaya dan beracun yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi makhluk hidup yang mengkonsumsinya. Adakalanya air limbah yang tidak dikelola dengan baik juga dapat menjadi sarang vektor penyakit (misalnya nyamuk, lalat, kecoa, dan lain-lain).

2. Penurunan Kualitas Lingkungan

Air limbah yang dibuang langsung ke air permukaan (misalnya: sungai dan danau) dapat mengakibatkan pencemaran air permukaan tersebut. Adakalanya, air limbah juga merembes ke dalam tanah, sehingga menyebabkan pencemaran air tanah. Bila air tanah tercemar, maka kualitasnya akan menurun sehingga tidak dapat lagi digunakan sesuai peruntukannya.

3. Gangguan terhadap keindahan

Adakalanya air limbah mengandung polutan yang tidak mengganggu kesehatan dan ekosistem, tetapi mengganggu keindahan. Kadang-kadang air

⁵⁷ Mulia, Ricky.M. 2005. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Edisi pertama, Yogyakarta: Graha Ilmu.

limbah dapat juga mengandung bahan-bahan yang bila terurai menghasilkan gas-gas yang berbau. Bila air limbah jenis ini mencemari badan air, maka dapat menimbulkan gangguan keindahan pada badan air tersebut.

4. Gangguan terhadap kerusakan benda

Adakalanya air limbah mengandung zat-zat yang dapat dikonversi oleh bakteri anaerobic menjadi gas yang agresif seperti H_2S . Gas ini dapat mempercepat proses perkaratan pada benda yang terbuat dari besi (misalnya pipa saluran air limbah) dan buangan air kotor lainnya. Dengan cepat rusaknya air tersebut maka biaya pemeliharaannya akan semakin besar juga, yang berarti akan menimbulkan kerugian material.

Untuk menghindari terjadinya gangguan – gangguan di atas, air limbah yang dialirkan ke lingkungan harus memenuhi ketentuan seperti yang disebutkan dalam Baku Mutu Air Limbah.

4.2 Pengelolaan Limbah Padat

Limbah padat atau sampah padat merupakan salah satu bentuk limbah yang terdapat di lingkungan. Sedangkan FKM UI mendefinisikan sampah padat ialah sesuatu bahan/benda padat yang terjadi karena berhubungan dengan aktivitas manusia yang tak terpakai lagi, tak disenangi dan buang dengan cara-cara saniter kecuali buangan yang berasal dari tubuh manusia.⁵⁸

Limbah padat umumnya meliputi debu, sampah dapur, sampah kebun, kotoran dan limbah ternak dari kandang, limbah pertanian, pecahan kaca atau beling, logam, sampah kertas, plastik, tekstil atau pakaian, karet, limbah dari pasar, hotel, dan sebagainya. Limbah padat juga dapat dibagi menjadi limbah organik dan anorganik yang dihasilkan dari rumah tangga, komersial, dan industri yang tidak mempunyai nilai ekonomi untuk pemiliknya.

Berdasarkan beberapa pengertian diatas, limbah padat atau sampah dapat diartikan sebagai semua sampah yang ditimbulkan dari aktivitas manusia yang

⁵⁸ Kusnopranto, Haryoto. 2001. *Kesehatan lingkungan*. Jakarta: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia

berbentuk padat dan dibuang sebagai bahan yang tidak berguna atau tidak diinginkan.

Jenis dan Klasifikasi Limbah Padat

Pada prinsipnya sampah dibagi menjadi sampah padat, sampah cair dan sampah dalam bentuk gas (fume, smoke). Sampah padat dapat dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu sebagai berikut :⁵⁹

a. Berdasarkan zat kimia yang terkandung di dalamnya

Sampah yang terjadi dapat dibedakan berdasarkan zat kimia yang terkandung yaitu sampah yang bersifat in-organik, contohnya logam-logam, pecahan gelas, abu, dan sampah yang bersifat organik, contohnya sisa-sisa makanan, kertas, plastik, daun-daunan, sisa sayur-sayuran, dan buah-buahan.

b. Berdasarkan dapat tidaknya membusuk

Menurut UNICEF (2006), berdasarkan kemampuan degradasinya, limbah padat dapat diklasifikasikan menjadi:

1. Limbah yang dapat diuraikan seluruhnya dengan proses biologi, baik dengan udara (oksigen) maupun tidak disebut sampah yang mudah terurai (biodegradable), contohnya sampah dapur, kotoran ternak, dan limbah pertanian, kertas, kayu.
2. Limbah yang tidak dapat terurai oleh proses biologi (*non-biodegradable*). Terdapat dua jenis limbah tersebut, yaitu:
 - a. Limbah yang memiliki nilai ekonomis, dapat dipergunakan kembali sesuai dengan nilai kemampuannya (*recyclable*), contohnya plastik, pakaian lama, dan lainnya.
 - b. Limbah yang tidak memiliki nilai ekonomi perolehan kembali (*non-recyclable*), contohnya tetra packs, kertas karbon, termo coal, dan sebagainya. Sedangkan menurut Kusnoputranto (2000),

⁵⁹ Kusnoputranto, Haryoto. 2001. *Kesehatan lingkungan*. Jakarta: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia

sampah-sampah yang sukar membusuk, contohnya plastik, kaleng, pecahan gelas, karet, abu dan sampah-sampah yang mudah membusuk, contohnya, potongan-potongan daging, sisa-sisa makanan, sisa-sisa daun-daunan, buah-buahan, sobekan-sobekan kain, kertas, lain-lain.

c. Berdasarkan karakteristik sampah

1. Sampah Basah (*Garbage*), Yaitu sampah padat semi basah berupa bahan-bahan organik yang umumnya berasal dari sektor pertanian dan makanan, misalnya sisa dapur, sisa makanan, sampah sayuran dan kulit buah-buahan. Sampah ini mempunyai ciri mudah terurai oleh mikroorganisme dan mudah membusuk, karena mempunyai rantai kimia yang relatif pendek. Jenis sampah ini terdiri dari sisa-sisa potongan hewan atau sayur-sayuran hasil dari pengolahan, persiapan, pembuatan dan penyediaan makanan yang sebagian besar terdiri dari zat-zat yang mudah membusuk, lembab, mengandung sejumlah air bebas.⁶⁰ *Garbage* merupakan sampah yang membusuk, yaitu yang mudah membusuk karena aktivitas organisme.⁶¹
2. Sampah Kering (*Rubbish*), Yaitu sampah padat organik yang cukup kering yang sulit terurai oleh mikroorganisme, sehingga sulit membusuk. Hal ini disebabkan karena memiliki rantai kimia yang panjang dan kompleks. Contohnya, selulosa, kertas, kaca, plastik. Terdiri dari sampah yang dapat terbakar atau yang tak dapat atau sukar terbakar yang berasal dari rumah-rumah, pusat-pusat perdagangan, kantor-kantor, tetapi yang tidak termasuk *garbage*. Sampah yang mudah terbakar umumnya terdiri dari kertas, karbon, kardus, sobekan kain, kayu, furniture, dan lainnya. Sedangkan sampah yang tidak mudah

⁶⁰ Kusnoputranto, Haryoto. 2001. *Kesehatan lingkungan*. Jakarta: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia

⁶¹ Soemirat,J. 2004. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: UGM

terbakar sebagian besar berupa logam-logam, mineral, kaleng-kaleng, debu-debu logam atau debu sisa pembakaran.

3. Sampah abu (*ashes*), Limbah padat yang berupa abu, biasanya hasil pembakaran. Sampah ini mudah terbawa angin karena ringan dan tidak mudah membusuk.
4. Sampah bangkai binatang (*dead animal*), Semua limbah yang berupa bangkai binatang, seperti tikus, ikan dan binatang ternak yang mati.
5. Sampah sapuan (*street sweeping*), Limbah padat hasil sapuan jalanan yang berisi berbagai sampah yang tersebar di jalanan, seperti dedaunan, kertas dan plastik.
6. Sampah industri (*industrial waste*), Semua limbah padat yang bersal dari buangan industri. Komposisi sampah ini tergantung dari jenis industrinya.
7. Sampah B3 (bahan berbahaya dan beracun), Sampah yang terdiri atas bahan-bahan berbahaya dan beracun, misalnya baterai, racun tikus dan pestisida.
8. Kompos, Sampah yang teruraikan secara biologis, yaitu melalui pembusukan dengan bakteri yang ada di tanah dan kerap digunakan sebagai pupuk.

d. Berdasarkan Potensi Bahaya atau Infeksius

Sedangkan menurut Sharkar (2006), secara umum limbah rumah sakit dapat dibagi menjadi 2 kategori yaitu limbah non infeksius dan limbah infeksius. Limbah non infeksius digolongkan menjadi dua kategori yaitu limbah umum dan limbah yang dapat dimanfaatkan kembali. Sedangkan limbah rumah sakit yang tergolong limbah infeksius meliputi limbah patologi, limbah farmasi, limbah kimia, limbah genotoksik, dan limbah radioaktif.

Dalam Kepmenkes RI No. 1204/MENKES/SK/X/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit, limbah padat rumah sakit dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu limbah padat medis dan non medis. Limbah padat medis meliputi limbah padat yang dihasilkan dari kegiatan medis rumah sakit, sedangkan limbah padat non medis adalah limbah padat yang dihasilkan

dari kegiatan di rumah sakit diluar medis yang berasal dari dapur, perkantoran, taman, dan halaman yang dapat dimanfaatkan kembali apabila ada teknologinya.

Komposisi Limbah Padat

Komposisi limbah atau sampah padat bervariasi tergantung dari sumbernya, dari yang berbentuk sangat padat (seperti besi) hingga yang berbentuk busa/gabus. Komposisi sampah suatu daerah yang ingin diketahui bergantung pada rencana pengelolaan sampah yang akan dipakai atau digunakan. Atau sebaliknya, komposisi limbah atau sampah suatu daerah harus diketahui lebih dulu untuk perencanaan pengelolaan sampah selanjutnya.⁶²

Salah satu cara untuk menentukan komposisi sampah yaitu dengan menghitung jumlah bahan/materi sampah dalam gram atau persentase (%) dari sampah yang terdiri atas bahan-bahan berikut :

1. Logam: kaleng-kaleng, besi, paku, dan sejenisnya
2. Benda yang terbuat dari bahan kertas: kertas, Koran, majalah, karton, dan lain-lain
3. Benda yang terbuat dari bahan plastik: plastik pembungkus, bekas alat-alat rumah tangga, dan lainnya
4. Benda yang terbuat dari bahan karet: ban, sandal, dan lain-lain
5. Benda yang terbuat dari bahan kain: sobekan kain, dan sejenisnya
6. Benda yang terbuat dari kaca/beling: pecahan gelas, lampu, botol, dan lainnya
7. Benda yang terbuat dari bahan kayu: kayu, ranting, kursi, meja, dan lain-lain
8. Sisa-sisa makanan, sayuran, buah-buahan, dan lainnya.
9. Bahan-bahan dari batu, tanah, abu, dan lain-lain.

Komposisi dari bahan-bahan tersebut penting untuk diketahui dalam perencanaan pengelolaan sampah selanjutnya, mulai dari cara pengangkutan, pengumpulan, dan pembuangan atau pemusnahan limbah padat. Selain itu, dengan diketahuinya komposisi tersebut, dapat diupayakan daur ulang dari bahan-bahan

⁶² Kusnoputranto, Haryoto. 2000. *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia

limbah atau sampah yang masih dapat terpakai, misalnya besi, kaca, kertas, plastik, dan lain-lain.

Jumlah Produksi Limbah Padat

Jumlah produksi limbah padat atau sampah bergantung pada beberapa faktor antara lain sebagai berikut:⁶³

1. Jumlah, kepadatan, serta aktivitas penduduk
Bila kepadatan suatu daerah sangat tinggi, maka kemungkinan sampah diserap oleh lingkungan secara alamiah akan berkurang karena sempitnya atau tidak tersedianya lahan yang memungkinkan penyerapan sampah tersebut. Dengan demikian jumlah sampah yang dikumpulkan akan semakin banyak.
2. Sistem pengumpulan dan pembuangan sampah yang digunakan
Sistem pengumpulan, pengangkutan sampah yang dipakai sangat mempengaruhi jumlah sampah yang dikumpulkan. Semakin baik sistem pengumpulan dan pengangkutan sampah, maka banyak jumlah produksi sampahnya.
3. Material yang dapat dimanfaatkan kembali
Adanya bahan-bahan tertentu pada limbah atau sampah yang masih mempunyai nilai ekonomi, oleh kelompok tertentu akan diambil kembali untuk dijual dan dimanfaatkan. Contohnya pecahan kaca atau gelas, besi, plastik, kertas, karton, dan lainnya yang masih bernilai ekonomi. Dengan demikian, jenis limbah tersebut yang dikumpulkan jumlahnya akan berkurang.
4. Geografi
Faktor geografi juga mempunyai pengaruh terhadap jumlah dan komposisi sampah padat. Misalnya di daerah pegunungan terdiri dari sampah-sampah yang berasal dari kayu-kayuan, sedangkan pada daerah dataran rendah,

⁶³ Kusnoputranto, Haryoto. 2000. *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia

sampah yang paling banyak yaitu sampah dari pertanian, dan demikian pula di daerah pantai terdiri atas sampah-sampah yang berhubungan dengan hasil-hasil laut.

5. Waktu

Jumlah produksi sampah dan komposisinya sangat dipengaruhi oleh faktor waktu baik harian, mingguan, bulanan, maupun tahunan. Jumlah produksi yang dihasilkan akan bervariasi menurut aktivitas yang dilakukan pada rentang waktu tersebut. Variasi produksi sampah juga dapat dipengaruhi pergantian musim dalam setahun.

6. Sosial ekonomi

Faktor sosial ekonomi berpengaruh terhadap jumlah produksi sampah di suatu daerah dalam hal adat istiadat, taraf hidup, serta kebiasaan masyarakat. Kebiasaan masyarakat tercermin dalam cara masyarakat tersebut mengelola sampahnya.

7. Musim/iklim

Jumlah produksi sampah juga dapat dipengaruhi oleh musim atau iklim, misalnya di daerah beriklim dingin pada musim gugur produksi sampah dapat meningkat dibandingkan pada waktu musim dingin. Begitu pula pada musim panas, dapat terjadi peningkatan produksi sampah terutama pada daerah-daerah pariwisata. Di Indonesia, jumlah produksi sampah juga dapat mengalami peningkatan pada musim buah-buahan.

8. Kebiasaan masyarakat

Kebiasaan masyarakat dalam hal ini misalnya kegemaran suatu kelompok masyarakat pada jenis makanan tertentu, sehingga produksi sampah yang berasal dari makanan tersebut dominan.

9. Teknologi

Peningkatan produksi sampah dapat sejalan dengan peningkatan teknologi. Dengan adanya kemajuan teknologi, maka terdapat jenis sampah yang pada saat ini menjadi masalah. Namun, dapat pula sebaliknya, adanya kemajuan teknologi dalam hal pengolahan limbah atau sampah, akan dapat mengurangi beban pengelolaan sampah sehingga menjadi lebih efisien.

10. Sumber sampah

Jumlah dan komposisi sampah bergantung pula pada sumber dari mana sampah berasal. Sampah rumah tangga akan berbeda jumlah dan komposisinya dengan sampah industri atau institusi lainnya.

Pengolahan Limbah Padat

Pengolahan limbah padat dapat dilakukan dengan berbagai cara yang tentunya dapat menjadikan limbah tersebut tidak berdampak buruk bagi lingkungan ataupun kesehatan. Menurut sifatnya pengolahan limbah padat dapat dibagi menjadi dua cara yaitu pengolahan limbah padat tanpa pengolahan dan pengolahan limbah padat dengan pengolahan.

Limbah padat tanpa pengolahan : Limbah padat yang tidak mengandung unsur kimia yang beracun dan berbahaya dapat langsung dibuang ke tempat tertentu sebagai TPA (Tempat Pembuangan Akhir). Limbah padat dengan pengolahan : Limbah padat yang mengandung unsur kimia beracun dan berbahaya harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke tempat-tempat tertentu. Pengolahan limbah juga dapat dilakukan dengan cara-cara yang sederhana lainnya misalnya, dengan cara mendaur ulang, Dijual ke pasar loak atau tukang rongsokan yang biasa lewat di depan rumah – rumah. Cara ini bisa menjadikan limbah atau sampah yang semula bukan apa-apa sehingga bisa menjadi barang yang ekonomis dan bisa menghasilkan uang. Dapat juga dijual kepada tetangga kita yang menjadi tukang loak ataupun pemulung. Barang-barang yang dapat dijual antara lain kertas-kertas bekas, koran bekas, majalah bekas, botol bekas, ban bekas, radio tua, TV tua dan sepeda yang usang. Dapat juga dengan cara pembakaran. Cara ini adalah cara yang paling mudah untuk dilakukan karena tidak membutuhkan usaha keras. Cara ini bisa dilakukan dengan cara membakar limbah-limbah padat misalnya kertas-kertas dengan menggunakan minyak tanah lalu dinyalakan apinya. Kelebihan cara membakar ini adalah mudah dan tidak membutuhkan usaha keras, membutuhkan tempat atau lokasi yang cukup kecil dan dapat digunakan sebagai sumber energi baik untuk pembangkit uap air panas, listrik dan pencairan logam

Faktor – faktor yang perlu kita perhatikan sebelum kita mengolah limbah padat tersebut adalah sebagai berikut :

1. Jumlah Limbah

Sedikit dapat dengan mudah kita tangani sendiri. Banyak dapat membutuhkan penanganan khusus tempat dan sarana pembuangan.

2. Sifat fisik dan kimia limbah

Sifat fisik mempengaruhi pilihan tempat pembuangan, sarana pengangkutan dan pilihan pengolahannya. Sifat kimia dari limbah padat akan merusak dan mencemari lingkungan dengan cara membentuk senyawa-senyawa baru.

3. Kemungkinan pencemaran dan kerusakan lingkungan.

Karena lingkungan ada yang peka atau tidak peka terhadap pencemaran, maka perlu kita perhatikan tempat pembuangan akhir (TPA), unsur yang akan terkena, dan tingkat pencemaran yang akan timbul.

4. Tujuan akhir dari pengolahan

Terdapat tujuan akhir dari pengolahan yaitu bersifat ekonomis dan bersifat non-ekonomis. Tujuan pengolahan yang bersifat ekonomis adalah dengan meningkatkan efisiensi pabrik secara menyeluruh dan mengambil kembali bahan yang masih berguna untuk di daur ulang atau di manfaat lain. Sedangkan tujuan pengolahan yang bersifat non-ekonomis adalah untuk mencegah pencemaran dan kerusakan lingkungan.

Proses Pengelolaan Limbah Padat

Pengelolaan limbah padat merupakan tindakan-tindakan yang dilakukan terhadap limbah atau sampah padat, dimulai dari tahap pengumpulan di tempat sumber, pengangkutan, penyimpanan, pengolahan pendahuluan, serta tahap pengolahan akhir yang berarti pembuangan atau pemusnahan sampah.⁶⁴

Sedangkan berdasarkan Kepmenkes RI No. 1204/MENKES/SK/X/2004 disebutkan bahwa pengolahan limbah padat termasuk upaya untuk mengurangi volume, merubah bentuk atau memusnahkan limbah padat dilakukan pada

⁶⁴ Soemirat,J. 2004. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: UGM

sumbernya. Limbah yang masih dapat dimanfaatkan hendaknya dimanfaatkan kembali dan untuk limbah padat organik dapat diolah menjadi pupuk.

Tahapan pengelolaan limbah padat non medis (domestik) rumah sakit adalah sebagai berikut:

a. Tahap Pemilahan dan Pewadahan

Pemilahan atau pemisahan dapat dilakukan dengan memisahkan beberapa komponen dari sampah atau limbah padat yang sesuai dengan karakteristik yang dikehendaki, bahan-bahan yang terpakai dan tidak terpakai akan dipisahkan sehingga efektivitas dan efisiensi pengolahan dapat ditingkatkan.⁶⁵ Sedangkan berdasarkan tata laksana pengolahan limbah padat non medis dalam Kepmenkes RI No. 1204/MENKES/SK/X/2004, pemilahan limbah dilakukan antara limbah yang dapat dimanfaatkan dan yang tidak dapat dimanfaatkan kembali serta dilakukan pemilahan antara sampah basah dan sampah kering. Sedangkan struktur tempat pewadahan limbah padat non medis (domestik) adalah sebagai berikut:

1. Terbuat dari bahan yang kuat, cukup ringan, tahan karat, kedap air, dan mempunyai permukaan yang mudah dibersihkan pada bagian dalamnya.
2. Mempunyai tutup yang mudah dibuka dan ditutup tanpa mengotori tangan.
3. Terdapat minimal 1 (satu) buah untuk setiap kamar atau ruang sesuai dengan kebutuhan.
4. Limbah tidak boleh dibiarkan dalam wadah melebihi 3 x 24 jam atau apabila 2/3 kantong sudah terisi oleh limbah, maka harus diangkat supaya tidak menjadi perindukan vektor penyakit atau binatang pengganggu.

⁶⁵ Kusnoputranto, Haryoto. 2000. *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia

Berikut ini adalah tabel rekomendasi kode warna untuk limbah layanan kesehatan:

No	Kategori	Warna kontainer/ kantong plastik	Lambang	Keterangan
1	Radioaktif	Merah		- Kantong boks timbal dengan simbol radioaktif
2	Sangat Infeksius	Kuning		- Katong plastik kuat, anti bocor, atau kontainer yang dapat disterilisasi dengan otoklaf
3	Limbah infeksius, patologi dan anatomi	Kuning		- Plastik kuat dan anti bocor atau kontainer
4	Sitotoksik	Ungu		- Kontainer plastik kuat dan anti bocor
5	Limbah kimia dan farmasi	Coklat	-	- Kantong plastik atau kontainer

Sumber : Depkes RI. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 1204/Menkes/SK/X/2004

Limbah benda tajam harus dikumpulkan bersamaan, baik yang terkontaminasi ataupun tidak. Kontainernya harus anti robek (biasanya terbuat dari logam atau palstik berdensitas tinggi) dan pas dengan tutupnya. Kontainer itu harus kokoh dan impermiabel agar dapat menahan benda tajam dan cairan residu yang keluar dari spuit tetap dalam kontainer. Untuk menurunkan resiko kerusakan, kontainer harus tahan banting (sulit dibuka atau dipecahkan) dan jarum serta spuit harus di buat tidak berguna lagi. Jika kontainer plastik atau logam tidak tersedia atau terlalu mahal sebaiknya gunakan kontainer yang terbuat dari papan kardus padat.⁶⁶

⁶⁶ Mulia, Ricky.M. 2005. *Pengantar Kesehatan Lingkungan. Edisi pertama*, Yogyakarta: Graha Ilmu.

b. Tahap Pengangkutan

Limbah layanan kesehatan harus diangkut di dalam rumah sakit atau ke fasilitas lain dengan menggunakan troli, kontainer, atau gerobak yang tidak digunakan untuk tujuan lain dan memenuhi persyaratan yaitu mudah dibongkar-muat, tidak ada tepi tajam yang dapat merusak kantong atau kontainer limbah, dan mudah dibersihkan.⁶⁷

Berdasarkan Kepmenkes RI No. 1204/MENKES/SK/X/2004, pengangkutan limbah padat domestik dari setiap ruang ke tempat penampungan sementara menggunakan troli tertutup. Menurut WHO (1999), kendaraan pengangkut limbah tersebut harus dibersihkan dan didesinfeksi setiap hari dengan desinfektan yang tepat. Pada saat pengangkutan, semua ikatan atau tutup kantong limbah harus berada di tempatnya dan masih utuh setelah tiba diakhir pengangkutan. Untuk limbah layanan kesehatan, informasi tambahan yang harus tercantum pada label kantong plastik yaitu kategori limbah, tanggal pengumpulan, tempat dihasilkannya limbah tersebut, dan tujuan akhir limbah.

c. Pembuangan atau pemusnahan

Dalam Kepmenkes RI No. 1204/MENKES/SK/X/2004, setiap rumah sakit tersedia tempat penampungan limbah padat non medis sementara dipisahkan antara limbah yang dapat dimanfaatkan dengan limbah yang tidak dapat dimanfaatkan kembali. Tempat tersebut tidak merupakan sumber bau dan alat bagi lingkungan sekitarnya serta dilengkapi saluran lindi. Tempat Penampungan Sementara (TPS) tersebut harus kedap air, tertutup, dan selalu dalam keadaan tertutup bila sedang diisi serta mudah dibersihkan. TPS harus terletak pada lokasi yang mudah terjangkau kendaraan pengangkut limbah padat dan harus dikosongkan dan dibersihkan sekurang-kurangnya 1 x 24 jam.

Dampak Pencemaran Limbah Padat

⁶⁷ Mulia, Ricky.M. 2005. *Pengantar Kesehatan Lingkungan. Edisi pertama*, Yogyakarta: Graha Ilmu.

Limbah pasti akan berdampak negatif pada lingkungan hidup jika tidak ada pengolahan yang baik dan benar, dengan adanya limbah padat didalam lingkungan hidup maka dapat menimbulkan pencemaran seperti :

1. Timbulnya gas beracun, seperti asam sulfida (H_2S), amoniak (NH_3), metan (CH_4), CO_2 dan sebagainya. Gas ini akan timbul jika limbah padat ditimbun dan membusuk dikarena adanya mikroorganisme. Adanya musim hujan dan kemarau, terjadi proses pemecahan bahan organik oleh bakteri penghancur dalam suasana aerob/anaerob.
2. Dapat menimbulkan penurunan kualitas udara, dalam sampah yang ditumpuk, akan terjadi reaksi kimia seperti gas H_2S , NH_3 dan methane yang jika melebihi NAB (Nilai Ambang Batas) akan merugikan manusia. Gas H_2S 50 ppm dapat mengakibatkan mabuk dan pusing.
3. Penurunan kualitas air, karena limbah padat biasanya langsung dibuang dalam perairan atau bersama-sama air limbah. Maka akan dapat menyebabkan air menjadi keruh dan rasa dari air pun berubah.
4. Kerusakan permukaan tanah.

Dari sebagian dampak-dampak limbah padat diatas, ada beberapa dampak limbah yang lainnya yang ditinjau dari aspek yang berbeda secara umum. Dampak limbah secara umum di tinjau dari dampak terhadap kesehatan dan terhadap lingkungan adalah sebagai berikut :

1. Dampak Terhadap Kesehatan

Dampaknya yaitu dapat menyebabkan atau menimbulkan penyakit. Potensi bahaya kesehatan yang dapat ditimbulkan adalah sebagai berikut:

- a) Penyakit diare dan tikus, penyakit ini terjadi karena virus yang berasal dari sampah dengan pengelolaan yang tidak tepat.
- b) Penyakit kulit misalnya kudis dan kurap.

2. Dampak Terhadap Lingkungan

Cairan dari limbah – limbah yang masuk ke sungai akan mencemarkan airnya sehingga mengandung virus-virus penyakit. Berbagai ikan dapat mati sehingga mungkin lama kelamaan akan punah. Tidak jarang manusia juga mengkonsumsi atau menggunakan air untuk kegiatan sehari-hari, sehingga

manusia akan terkena dampak limbah baik secara langsung maupun tidak langsung. Selain mencemari, air lingkungan juga menimbulkan banjir karena banyak orang-orang yang membuang limbah rumah tangga ke sungai, sehingga pintu air mampet dan pada waktu musim hujan air tidak dapat mengalir dan air naik menggenang.

Baku Mutu Lingkungan

Berdasarkan Pasal 1 butir (13) Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, menyatakan Baku mutu lingkungan hidup adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam suatu sumber daya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup.

Pengertian tersebut memberikan pemahaman bahwa baku mutu lingkungan merupakan rambu rambu yang menetapkan fungsi lingkungan hidup yang baik untuk kehidupan. Menurut N.H.T Siahaan, menyatakan Apabila baku mutu tidak terpenuhi atau bila jumlah zat atau energi tertentu yang masuk ke media lingkungan melebihi daya dukung lingkungan, maka media lingkungan sudah rusak atau sudah mengalami degradasi yang bisa membahayakan kehidupan. Untuk itu perlu ditetapkan pula batas maksimum dari zat atau energi yang boleh dimasukkan ke media lingkungan (ambang batas).

Baku Mutu Air dan Limbah Cair

Kriteria mutu air diterapkan untuk menentukan kebijaksanaan perlindungan sumberdaya air dalam jangka panjang, sedangkan baku mutu air limbah (effluent standard) dipergunakan untuk perencanaan, perizinan, dan pengawasan mutu air limbah dan pelbagai sektor seperti pertambangan dan lain-lain.

Kriteria kualitas sumber air di Indonesia ditetapkan berdasarkan pemanfaatan sumber-sumber air tersebut dan mutu yang ditetapkan berdasarkan karakteristik suatu sumber air penampungan tersebut dan pemanfaatannya:

Badan air dapat digolongkan menjadi 5, yaitu:

1. Golongan A, yaitu air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu.
2. Golongan B, yaitu air baku yang baik untuk air minum dan rumah tangga dan dapat dimanfaatkan untuk keperluan lainnya tetapi tidak sesuai untuk golongan A.
3. Golongan C, yaitu air yang baik untuk keperluan perikanan dan peternakan, dan dapat dipergunakan untuk keperluan lainnya tetapi tidak sesuai untuk keperluan tersebut pada golongan A dan B.
4. Golongan D, yaitu air yang baik untuk keperluan pertanian dan dapat dipergunakan untuk perkantoran, industri, listrik tenaga air, dan untuk keperluan lainnya, tetapi tidak sesuai untuk keperluan A, B, dan C.
5. Golongan E, yaitu air yang tidak sesuai untuk keperluan tersebut dalam golongan A, B, C, dan D.

Untuk melindungi sumber air sesuai dengan kegunaannya, maka perlu ditetapkan baku mutu limbah cair dengan berpedoman kepada alternatif baku mutu limbah cair yang telah ditetapkan dalam Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. KEP-03/MENKLH/II/1991. Baku mutu limbah cair tersebut ditetapkan oleh gubernur dengan memperhitungkan beban maksimum yang dapat diterima air pada sumber air.

Baku mutu air dan baku mutu limbah cair yang telah ditetapkan oleh gubernur dimaksudkan untuk melindungi peruntukan air di daerahnya. Dengan demikian harus diperhatikan dalam setiap kegiatan yang menghasilkan limbah cair dan yang membuang limbah cair tersebut ke dalam air pada sumber air. Limbah cair harus memenuhi persyaratan:

1. Mutu limbah cair yang dibuang ke dalam air pada sumber air tidak boleh melampaui baku mutu limbah cair yang telah ditetapkan.
2. Tidak mengakibatkan turunnya kualitas air pada sumber air penerima limbah. Hal tersebut mengharuskan agar setiap pembuangan limbah cair ke dalam air pada sumber air, mencantumkan kuantitas dan kualitas limbah.

BAB 5

PENCEMARAN UDARA

5.1 Defenisi dan Sumber Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan.⁶⁸ Menurut Peraturan Pemerintah No. 41 tahun 1999, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara tidak dapat memenuhi fungsinya.⁶⁹

Menurut Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup RI. No.KEP-03/MENKLH/II/1991 menyebutkan: “Pencemaran udara adalah masukan atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/ atau komponen lain ke udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.”.⁷⁰ Pencemaran udara adalah kehadiran satu atau lebih bahan fisik, kimia, atau biologi di atmosfer dalam

⁶⁸ Waluyo, E. C. (2011). Kajian Tingkat Pencemaran Sulfur Dioksida Dari Industri Di Beberapa Daerah Di Indonesia. *Berita Dirgantara*, 12(4), 132-137.

⁶⁹ Rini, T. S. (2005). Kebijakan Sistem Transportasi Kota Surabaya dalam Rangka Pengendalian Pencemaraan Udara Area Transportasi. *Rekayasa Perencanaan*, 1(2), 6.

⁷⁰ Sumantri, A. (2017). *Kesehatan Lingkungan*. Depok: Kencana.

jumlah yang dapat membahayakan kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan, mengganggu estetika dan kenyamanan, atau merusak properti.⁷¹

Berdasarkan dari beberapa pengertian menurut para ahli di atas maka dapat disimpulkan pengertian pencemaran udara adalah kehadiran satu atau lebih substansi fisik, kimia, dan biologi di atmosfer dalam jumlah yang dapat membahayakan kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan, mengganggu estetika dan kenyamanan.

Sumber Pencemaran Udara

Sumber pencemaran udara dapat dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Sumber perkotaan dan industri, Sumber perkotaan dan industri ini berasal dari kemajuan teknologi yang mengakibatkan banyaknya pabrik-pabrik industri, pembangkit listrik dan kendaraan bermotor
2. Sumber pedesaan/pertanian, Sumber pencemaran udara untuk wilayah pedesaan/pertanian yaitu dengan penggunaan pestisida sebagai zat senyawa kimia (zat pengatur tumbuh dan perangsang tumbuh), virus dan zat lain-lain yang digunakan untuk melakukan perlindungan tanaman atau bagian tanaman.
3. Sumber alami, Sumber alami berasal dari alam seperti abu yang dikeluarkan akibat gunung berapi, gas-gas vulkanik, debu yang bertiupan akibat tiupan angin, bau yang tidak enak akibat proses pembusukan sampah organik dan lainnya.⁷²

⁷¹ Arty, I. S. (2005). Pendidikan Lingkungan Hidup Tentang Bahaya Polutan Udara. *Cakrawala Pendidikan*, 24(3), 396-398.

⁷² Abidin, J., & Hasibuan, A. F. (2019). Pengaruh Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam Tentang Bahaya Dari Polusi Udara. *Prosiding SNFUR-4*, 2-3.

Peraturan pemerintah mengenai pengelolaan udara di Indonesia pada PP No. 41/1999 mendefinisikan sumber pencemaran udara sebagai setiap usaha dan atau kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara dengan menyebabkan udara tidak berfungsi sebagaimana mestinya, dan kemudian peraturan pemerintah ini menggolongkan sumber pencemaran udara atas lima, yakni :

1. Sumber bergerak: sumber emisi yang bergerak atau tetap pada suatu tempat yang berasal dari kendaraan bermotor
2. Sumber bergerak spesifik : serupa dengan sumber bergerak namun berasal dari kereta api, pesawat terbang, kapal, laut dan kendaraan berat lainnya.
3. Sumber tidak bergerak : sumber emisi yang tetap pada suatu tempat.
4. Sumber tidak bergerak spesifik : serupa dengan sumber tidak bergerak namun berasal dari kebakaran hutan dan pembakaran sampah.
5. Sumber gangguan : sumber pencemar yang menggunakan media udara atau padat untuk penyebarannya, sumber ini berupa dari kebisingan, getaran, kebauan dan gangguan lain.⁷³

Sumber pencemaran merupakan kegiatan yang bersifat alami dan kegiatan antropogenik. Contoh sumber alami adalah akibat letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan dan lain sebagainya. Pencemaran akibat kegiatan manusia secara kuantitatif sering lebih besar, misalnya sumber pencemar akibat aktivitas transportasi, industri, persampahan baik akibat proses dekomposisi ataupun pembakaran dan rumah tangga.⁷⁴

5.2 Jenis Polutan Udara

Dilihat dari ciri fisik, bahan pencemar dapat berupa:

⁷³ Basri, S. I. (2010). Pencemaran Udara Dalam Antisipasi Teknis Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan. *SMARTek*, 8(2), 6-7.

⁷⁴ R, D. R. (2008). Teknik Pengendalian Pencemaran Udara Yang Diakibatkan oleh Partikel. *Momentum*, 4(2), 31.

1. Partikel (debu, aerosol, timah hitam)
2. Gas (CO, NO_x, SO_x, H₂S dan HC)
3. Energi (suhu dan kebisingan).

Berdasarkan dari kejadian, terbentuknya pencemar terdiri dari :

1. Pencemar primer (yang diemisikan langsung dari sumbernya)
2. Pencemar sekunder (yang terbentuk karena reaksi di udara antara berbagai zat).

Pola emisi akan menggolongkan pencemar dari sumber titik (point source), sumber garis (line source) dan sumber area (area source). Dilihat secara kimiawi, banyak sekali macam bahan pencemar tetapi yang biasanya menjadi perhatian adalah pencemar utama (major air pollutants) yaitu golongan oksida karbon (CO, CO₂) , oksida belerang (SO₂, SO₃) dan oksida nitrogen (N₂O, NO, NO₃) senyawa hasil reaksi fotokimia, partikel (asap, debu, asbestos, metal, minyak, garam sulfat), senyawa inorganik (HF, H₂S, NH₃, H₂SO₄, HNO₃), hidrokarbon (CH₄, C₄H₁₀) unsur radio aktif (titanium, Radon), energi panas (suhu, kebisingan).

Gas diudara dengan reaksi fotokimia dapat membentuk bahan pencemar sekunder, misalnya peroxy radikal dengan oksigen akan membentuk ozon dan nitrogen dioksida berubah menjadi nitrogen monoksida dengan oksigen dan sebagainya. Pemaparan terhadap manusia pada umumnya melalui pernafasan dan cara penanggulangannya terutama dengan mengurangi pembebasan bahan pencemar secara langsung keudara, misalnya dengan menggunakan “ gas scrubber “, alat tambahan pada knalpot dan lain – lain. Partikel dengan ukuran antara 0,01 – 5 µm merupakan sumber pencemar udara yang utama karena keadaanya tidak terlihat secara nyata dan terus berada pada atmosfer untuk waktu yang cukup lama. Dampak negatif dari bahan – bahan ini biasanya berupa gangguan pada bahan – bahan bangunan, tanaman, hewan serta manusia.⁷⁵

⁷⁵ R, D. R. (2008). Teknik Pengendalian Pencemaran Udara Yang Diakibatkan oleh Partikel. *Momentum*, 4(2)

Harssema (1998) menyatakan bahwa pencemaran udara diawali dengan emisi. Emisi merupakan jumlah *pollutant* (pencemaran) yang di keluarkan ke udara dalam satuan waktu. Emisi dapat disebabkan oleh proses alam maupun kegiatan manusia. Emisi yang disebabkan proses alam disebut *biogenic emissions*, sebagai contoh *anthropogenic emissions*. Contoh emisi udara yang disebabkan oleh kegiatan manusia adalah hasil pembakaran bahan bakar fosil (bensin, solar, batu bara), pemakaian zat-zat kimia yang di semprotkan ke udara dan sebagainya.⁷⁶

Bahan pencemar udara atau polutan dapat dibagi menjadi dua bagian:

1. Polutan Primer

Polutan primer adalah polutan yang dikeluarkan langsung dari sumber tertentu. Polutan primer berupa polutan gas dan partikel. Polutan gas terdiri dari: senyawa karbon, senyawa sulfur, senyawa nitrogen, senyawa halogen. Partikel yang di atmosfer mempunyai karakteristik yang spesifik, dapat berwujud padat maupun suspensi aerosol cair di atmosfer. Bahan partikel tersebut berasal dari proses kondensasi, proses disperse, maupun proses erosi bahan tertentu. Asap sering kali dipakai untuk menunjukkan campuran bahan partikulat, uap, gas, dan kabut.

2. Polutan Sekunder

Polutan sekunder biasanya terjadi karena reaksi dari dua atau lebih bahan kimia di udara, Misalnya reaksi foto kimia. Sebagai contoh adalah disosiasi NO₂ dan Radikal. Sifat fisik dari polutan sekunder terbagi atas dua yaitu sifat fisik dan kimia yang tidak stabil. Termasuk dalam polutan sekunder ini adalah Ozon, Peroxy Acyl Nitrat (PAN), dan Formaldehid.

Beberapa jenis pencemaran udara yang paling sering ditemukan antara lain:

1. Secara Fisik

Udara adalah benda yang berbentuk gas, udara tidak dapat dilihat dan tidak dapat diraba, tetapi dapat dirasakan dan udara ada dimana-mana. Sifat-sifat udara yang dapat diamati, udara yang bersih seharusnya tidak berwarna dan

⁷⁶ Sumantri, A. (2017). *Kesehatan Lingkungan*. Depok: Kencana.

tidak berbau, adanya warna atau bau pada udara menunjukkan adanya polutan. Seperti: polusi udara, panas, dan radiasi.

2. Secara Kimia

Indeks standar pencemar udara (ISPU) memberi informasi tingkat pencemaran udara yang merupakan hasil pemantauan konsentrasi rata-rata berbagai polutan udara selama periode 24 jam. Jenis polutan yang dipantau antara lain karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), nitrogen oksida (NO), ozon (O₃), material partikulat (debu). Peningkatan konsentrasi senyawa-senyawa polutan di udara merupakan indikator bagi tingkat polusi udara.

- a. Karbon Dioksida (CO₂), Karbon dioksida berasal dari pabrik, mesin-mesin yang menggunakan bahan bakar fosil (batubara, minyak bumi), juga dari mobil, kapal, pesawat terbang, dan pembakaran kayu. Meningkatnya kadar CO₂ di udara jika tidak segera diubah menjadi oksigen akan mengakibatkan efek rumah kaca.
- b. Khloro Fluoro Karbon (CFC) ,Gas CFC digunakan sebagai gas pengembang karena tidak bereaksi, tidak berbau, dan tidak berasa. CFC banyak digunakan untuk mengembangkan busa (busa kursi), untuk AC (Freon), pendingin pada lemari es, dan hairspray. CFC akan menyebabkan lubang ozon di atmosfer.
- c. SO dan SO₂, Gas belerang oksida (SO, SO₂) di udara dihasilkan oleh pembakaran fosil (minyak, batubara). Gas tersebut dapat bereaksi dengan gas nitrogen oksida dan air hujan, yang menyebabkan air hujan menjadi asam, yang disebut hujan asam. yang asam mengakibatkan tumbuhan dan hewan-hewan tanah mati, produksi pertanian merosot, besi dan logam mudah berkarat, bangunan-bangunan kuno, seperti candi menjadi cepat aus dan rusak, demikian pula bangunan gedung dan jembatan.
- d. Timbal (Pb), Logam berat yang digunakan manusia untuk meningkatkan pembakaran pada kendaraan bermotor. Hasil

pembakaran tersebut menghasilkan timbal oksida yang berbentuk debu atau partikulat yang dapat terhirup oleh manusia

- e. Hidrokarbon (HC), Uap bensin yang tidak terbakar. Dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna.
- f. Partikulat (asap atau jelaga), Polutan udara yang paling jelas terlihat dan paling berbahaya. Dihasilkan dari cerobong pabrik berupa asap hitam tebal. Macam-macam partikel, yaitu :
 - g. Aerosol : partikel yang terhambur dan melayang di udara
 - h. Fog (kabut) : aerosol yang berupa butiran-butiran air dan berada di udara
 - i. Smoke (asap) : aerosol yang berupa campuran antara butir padat dan cair dan melayang berhamburan di udara
 - j. Dust (debu) : aerosol yang berupa butiran padat dan melayang-layang di udara
- k. Nitrogen dioksida (NO₂), Gas yang paling beracun. Dihasilkan dari pembakaran batu bara di pabrik, pembangkit energi listrik dan knalpot kendaraan bermotor.
- l. Karbon monoksida (CO), Gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan bersifat racun. Dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna bahan bakar fosil, misalnya gas buangan kendaraan bermotor.

3. Secara Biologi

Makhluk hidup yang rentan pada perubahan konsentrasi zat polutan di udara dapat dijadikan indikator biologi. Contoh indikator biologi untuk mengamati tingkat polusi udara adalah lumut kerak (Lichenes). Lumut kerak merupakan simbiosis antara algae fotosintetik atau cyanobakteria dengan fungi. Lumut kerak terdiri atas beberapa kelompok yang masing-masing memiliki tingkat sensitivitas berbeda terhadap polutan udara. Oleh karena itu keberadaan kelompok lumut kerak tentu di suatu wilayah dapat menjadi indikator bagi tingkat polusi udara di wilayah. Lumut kerak *Usnea* sp. Dan

Evernia sp. Tidak akan dapat bertahan hidup karena konsentrasi sulfur dioksida di udara terlalu tinggi.⁷⁷

Hal yang serupa dinyatakan oleh Sumantri (2017)⁷⁸ bahwa pencemaran udara dapat ditimbulkan oleh sumber-sumber alami maupun kegiatan manusia, sehingga beberapa definisi gangguan fisik seperti polusi udara, panas, radiasi, atau polusi cahaya dianggap sebagai polusi udara, sifat alami udara mengakibatkan dampak pencemaran udara yang dapat berupa langsung dan lokal, regulasi, maupun global. Pencemaran udara dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Pencemaran primer adalah substansi pencemaran yang ditimbulkan langsung dari sumber pencemaran udara. Karbon monoksida adalah sebuah contoh dari pencemaran udara primer karena merupakan hasil dari pembakaran.
2. Pencemaran sekunder adalah substansi pencemaran yang terbentuk dari reaksi pencemaran-pencemaran primer di atmosfer. Pembentukan ozon dalam *smog* fotokimia adalah sebuah contoh dari pencemaran udara sekunder.

Indikator Kualitas Udara dan Tingkat Pencemaran Udara di dalam dan Luar Ruang

Kualitas Fisik Udara Suhu udara sangat berperan dalam kenyamanan bekerja karena tubuh manusia menghasilkan panas yang digunakan untuk metabolisme basal dan muskuler. Namun dari semua energi yang dihasilkan tubuh hanya 20 % saja yang dipergunakan dan sisanya akan dibuang ke lingkungan. Jika dibandingkan dengan Standar Baku Mutu sesuai Kep. Men. Kesehatan No 261 bahwa suhu yang dianggap nyaman untuk suasana bekerja 18 - 26 °C maka suhu

⁷⁷ Arty, I. S. (2005). Pendidikan Lingkungan Hidup Tentang Bahaya Polutan Udara. *Cakrawala Pendidikan*, 24(3), 396-398.

⁷⁸ Sumantri, A. (2017). *Kesehatan Lingkungan*. Depok: Kencana.

ruangan pada lantai I dan lantai II masih berada pada standar. Suhu udara ruang kerja yang terlalu dingin dapat menimbulkan gangguan kerja bagi karyawan, salah satunya gangguan konsentrasi dimana pegawai tidak dapat bekerja dengan tenang karena berusaha untuk menghilangkan rasa dingin tersebut.

Kelembaban udara yang relatif rendah yaitu kurang dari 20 % dapat menyebabkan kekeringan selaput lendir membran, sedangkan kelembaban tinggi akan meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme. Hasil pengukuran kelembaban relatif pada lantai I adalah 64 - 68,5 % sedangkan pada lantai II adalah 73 - 80 %. Jika dibandingkan dengan Standar Baku Mutu sesuai Kep. Men. Kesehatan No 261 dimana kelembaban yang ideal berkisar 40-60 %, maka hasil pengukuran kelembaban pada 2 (dua) lantai tersebut berada di atas standar yang berarti potensial sebagai tempat pertumbuhan mikroorganisme.

Hasil pengukuran kecepatan aliran udara pada lantai I berkisar antara 0,04 - 0,07 m/det sedangkan pada lantai II berkisar antara 0,15 - 0,35 m/det. Menurut Standard Baku Mutu Kep. Men. Kesehatan No 261 kecepatan aliran udara berkisar antara 0,15 - 0,25 m/det. Arismunandar dan Saito (1991) menyatakan bahwa kecepatan aliran udara $< 0,1$ m/det atau lebih rendah menjadikan ruangan tidak nyaman karena tidak ada pergerakan udara sebaliknya bila kecepatan udara terlalu tinggi akan menyebabkan cold draft atau kebisingan di dalam ruangan.⁷⁹

Kualitas Mikrobiologi Udara Bioaerosol adalah partikel debu yang terdiri atas makhluk hidup atau sisa yang berasal dari makhluk hidup. Makhluk hidup terutama adalah jamur dan bakteri. Penyebaran bakteri, jamur, dan virus pada umumnya terjadi melalui sistem ventilasi. Sumber bioaerosol ada 2 yakni yang berasal dari luar ruangan dan dari perkembangbiakan dalam ruangan atau dari manusia, terutama bila kondisi terlalu berdesakan (crowded). Pengaruh kesehatan yang ditimbulkan oleh bioaerosol ini terutama 3 macam, yaitu infeksi, alergi, dan iritasi. Kontaminasi bioaerosol pada sumber air sistem ventilasi (humidifier) yang

⁷⁹ Prasasti, C. i., Mukono, J., & Sudarmaji. (2005). Pengaruh Kualitas Udara dalam Ruangan Ber-AC Terhadap Gangguan Kesehatan. *Kesehatan Lingkungan*, 1(2), 162-163.

terdistribusi keseluruh ruangan dapat menyebabkan reaksi yang berbagai ragam seperti demam, pilek, sesak nafas dan nyeri otot dan tulang (Tan Malaka, 1998). Total koloni kuman pada lantai I adalah 1675 CFU/m³ udara sedangkan lantai II adalah 1387,5 CFU/m³ udara. Jika dibandingkan dengan Standar Baku Mutu Kep.MenKesehatan RI No : 261 /MENKES/SK/II/1998 dimana angka kuman adalah kurang dari 700 koloni/m³ udara, maka kedua ruangan berada di atas standar.

Hasil pengukuran total koloni bakteri pada lantai I (6,87 CFU/menit) lebih tinggi dibandingkan lantai II (3,21 CFU/menit) dan sebagian besar berjenis gram negatif batang. Hasil pengukuran total koloni jamur pada lantai I adalah 1,94 CFU/menit dan pada lantai II adalah 0,87 CFU/menit. Jika dibandingkan dengan standar NH&MRC dimana total koloni jamur adalah 150 CFU/m³ udara, maka kedua ruangan tersebut masih berada di bawah standar. Pada usap AC ditemukan gram positif batang dan gram negatif batang. Pencemar yang bersifat biologis terdiri atas berbagai jenis mikroba patogen, antara lain jamur, metazoa, bakteri, maupun virus. Penyakit yang disebabkanya seringkali diklasifikasikan sebagai penyakit yang menyebar lewat udara (air-borne diseases).⁸⁰

Selain itu, kualitas udara dalam ruangan yang baik didefinisikan sebagai udara yang bebas bahan pencemar penyebab iritasi, ketidaknyamanan atau terganggunya kesehatan penghuni. Temperatur dan kelembapan ruangan juga memengaruhi kenyamanan dan kesehatan penghuni. Kualitas udara dalam ruang sebenarnya ditentukan secara sengaja ataupun tidak sengaja oleh penghuni ruangan itu sendiri. Ada gedung yang secara khusus diatur, baik suhu maupun frekuensi pertukaran udaranya dengan memakai peralatan ventilasi khusus, ada pula yang dilakukan dengan memanfaatkan keadaan cuaca alamiah dengan mengatur bagian gedung yang dapat dibuka. Dengan demikian kualitas udara dalam ruangan sangat bervariasi. Udara dalam ruang memungkinkan bahan pencemar udara dalam konsentrasi yang cukup, memiliki kesempatan untuk

⁸⁰ Soemirat. (2002). *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

memasuki tubuh penghuni. Lembaga masyarakat juga harus memiliki kualitas udara yang baik bagi kesehatan, layaknya rumah yang dapat memberikan rasa aman dan nyaman.⁸¹

Udara dapat dikelompokkan menjadi: udara luar ruangan (*outdoor air*) dan udara dalam ruangan (*indoor air*). Kualitas udara dalam ruang sangat mempengaruhi kesehatan manusia, karena hampir 90% hidup manusia berada dalam ruangan. Sebanyak 400 sampai 500 juta orang khususnya di negara yang sedang berkembang sedang berhadapan dengan masalah polusi udara dalam ruangan. Di Amerika, isu polusi udara dalam ruang ini mencuat ketika EPA pada tahun 1989 mengumumkan studi polusi udara dalam ruangan lebih berat daripada di luar ruangan. Polusi jenis ini bahkan bisa menurunkan produktivitas kerja hingga senilai US \$10 milyar. Pemerintah Indonesia telah mengatur persyaratan kualitas udara dalam ruang perkantoran yaitu dengan Keputusan Menteri Kesehatan RI No.1405/MENKES/SK/XI/2002 dalam keputusan tersebut dinyatakan bahwa Angka kuman kurang dari 770 koloni/m³ udara, bebas kuman pathogen.

Sumber penyebab polusi udara dalam ruangan antarlain yang berhubungan dengan bangunan itu sendiri, perlengkapan dalam bangunan (karpet, AC, dan sebagainya), kondisi bangunan, suhu, kelembaban, pertukaran udara, dan hal-hal yang berhubungan dengan perilaku orang-orang yang berada di dalam ruangan, misalnya merokok. Sumber polusi udara dalam ruang dapat berasal dari bahan-bahan sintetis dan beberapa bahan alamiah yang digunakan untuk karpet, busa, pelapis dinding, dan perabotan rumah tangga (asbestos, formaldehid, VOC), juga dapat berasal dari produk konsumsi (pengkilap perabot, perekat, kosmetik, pestisida/insektisida).

Mikroorganisme yang berasal dari dalam ruangan misalnya serangga, bakteri, kutu binatang peliharaan, jamur. Mikroorganisme yang tersebar di dalam

⁸¹ Candrasari, C. R., & Mukono, J. (2013). Hubungan Kualitas Udara Dalam Ruang Dengan Keluhan Penghuni Lembaga Masyarakat Kelas IIA Kabupaten Sidoarjo. *Kesehatan Lingkungan*, 7(1), 21-22.

ruangan dikenal dengan istilah Bioaerosol. Bioaerosol di dalam ruangan dapat berasal dari lingkungan luar dan kontaminasi dari dalam ruangan. Dari lingkungan luar dapat berupa jamur yang berasal dari organisme yang membusuk, tumbuh-tumbuhan yang mati dan bangkai binatang, bakteri *Legionella* yang berasal dari soil-borne yang menembus ke dalam ruang, alga yang tumbuh dekat kolam/danau masuk ke dalam ruangan melalui hembusan angin dan jentik-jentik serangga di luar ruang dapat menembus bangunan tertutup. Kontaminasi yang berasal dari dalam ruang yaitu kelembaban antara 25-75%: spora jamur akan meningkat dan terjadi kemungkinan peningkatan pertumbuhan jamur, dan sumber kelembaban: tandon air, bak air di kamar mandi.⁸²

5.3 Dampak Pencemaran Udara

Penggunaan *Air Conditioner* (AC) sebagai alternatif untuk mengganti ventilasi alam dapat meningkatkan kenyamanan dan produktivitas kerja, namun AC yang jarang dibersihkan akan menjadi tempat nyaman bagi mikroorganisme untuk berbiak. Kondisi tersebut mengakibatkan kualitas udara dalam ruangan menurun dan dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan yang disebut sebagai *Sick Building Syndrome* (SBS) atau *Tight Building Syndrome* (TBS). Selain itu, terlalu banyak aktivitas di gedung dapat meningkatkan jumlah polutan dalam ruangan. Hal ini menyebabkan risiko terpaparnya polutan dalam ruangan terhadap manusia semakin tinggi, namun hal ini masih jarang diketahui oleh masyarakat.

Hasil pemeriksaan The National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH), menyebutkan ada 5 sumber pencemaran di dalam ruangan yaitu ⁸³:

⁸² Fitria, L., Susana, D., Hermawati, E., & Wulandari, R. A. (2008). Kualitas Udara dalam Ruang Perpustakaan Universitas X di Tinjau Dari Kualitas Biologi, Fisika, dan Kimiawi. *MAKARA, KESEHATAN*, 12(2), 77-78.

⁸³ Aditama, T. Y. (1992). *Polusi Udara dan Kesehatan*. Jakarta: Arcan.

- a. Pencemaran dari alat-alat di dalam gedung seperti asap rokok, pestisida, bahan-bahan pembersih ruangan.
- b. Pencemaran di luar gedung meliputi masuknya gas buangan kendaraan bermotor, gas dari cerobong asap atau dapur yang terletak di dekat gedung, dimana kesemuanya dapat terjadi akibat penempatan lokasi lubang udara yang tidak tepat.
- c. Pencemaran akibat bahan bangunan meliputi pencemaran formaldehid, lem, asbes, fibreglass dan bahan-bahan lain yang merupakan komponen pembentuk gedung tersebut.
- d. Pencemaran akibat mikroba dapat berupa bakteri, jamur, protozoa dan produk mikroba lainnya yang dapat ditemukan di saluran udara dan alat pendingin beserta seluruh sistemnya.
- e. Gangguan ventilasi udara berupa kurangnya udara segar yang masuk, serta buruknya distribusi udara dan kurangnya perawatan sistem ventilasi udara.

Kualitas udara di dalam ruangan mempengaruhi kenyamanan lingkungan ruang kerja. Kualitas udara yang buruk akan membawadampak negatif terhadap pekerja/karyawan berupa keluhan gangguan kesehatan. Dampak pencemaran udara dalam ruangan terhadap tubuh terutama pada daerah tubuh atau organ tubuh yang kontak langsung dengan udara meliputi organ sebagai berikut :

1. Iritasi selaput lendir: Iritasi mata, mata pedih, mata merah, mata berair
2. Iritasi hidung, bersin, gatal: Iritasi tenggorokan, sakit menelan gatal, batuk kering
3. Gangguan neurotoksik: Sakit kepala, lemah/capai, mudah tersinggung, sulit berkonsentrasi
4. Gangguan paru dan pernafasan: Batuk, nafas berbunyi/mengi, sesak nafas, rasa berat di dada
5. Gangguan kulit: Kulit kering, kulit gatal
6. Gangguan saluran cerna: Diare/mencret
7. Lain-lain: Gangguan perilaku, gangguan saluran kencing, sulit belajar

Keluhan tersebut biasanya tidak terlalu parah dan tidak menimbulkan kecacatan tetap, tetapi jelas terasa amat mengganggu, tidak menyenangkan dan bahkan mengakibatkan menurunnya produktivitas kerja para pekerja.⁸⁴

Selain pencemaran udara di dalam ruangan pencemaran udara dapat juga terjadi di luar ruang akibat kendaraan bermotor. Perkembangan kendaraan bermotor yang dialami oleh Indonesia, serta perkembangan di salah satu perkotaan, seperti DKI Jakarta, tentunya menimbulkan masalah pada sistem transportasi, dan merupakan salah satu yang mempengaruhi udara. Beberapa penyebab polusi udara yang ada, terbukti, emisi transportasi adalah sebagai penyumbang pencemaran udara tertinggi, yakni sekitar 85 persen. Hal tersebut tampak dengan jelas, bahwa sebagian besar kendaraan bermotor menghasilkan emisi gas buang yang buruk, baik akibat perawatan yang kurang memadai, atau dari penggunaan bahan bakar dengan kualitas yang kurang baik (misalnya; kadar timbal yang tinggi) sehingga pencemaran udara atau perubahan salah satu komposisi udara dari keadaan normal, mengakibatkan terjadinya perubahan suhu dalam kehidupan manusia.

Pembangunan transportasi yang terus dikembangkan menyusul dengan permintaan pasar, ternyata, telah mendorong terjadinya bencana pembangunan. Saat ini, kita semua telah mengetahui bahwa pengaruh polusi udara juga dapat menyebabkan pemanasan efek rumah kaca (ERK) bakal menimbulkan pemanasan global atau (global warming). Dan secara langsung, kandungan-kandungan timah hitam dan SPM dapat mengganggu kesehatan kita, atau menimbulkan penyakit-penyakit yang mematikan.⁸⁵

⁸⁴ Prasasti, C. I., Mukono, J., & Sudarmaji. (2005). Pengaruh Kualitas Udara Dalam Ruangan Ber-AC Terhadap Gangguan Kesehatan. *Kesehatan Lingkungan*, 1(2), 165-166.

⁸⁵ Ismiyati, Marlita, D., & Saidah, D. (2014). Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Manajemen Transportasi & Logistik*, 1(3), 243.

Udara yang tercemar dengan partikel dan gas ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang berbeda tingkatan dan jenisnya, tergantung dari macam, ukuran dan komposisi kimiawinya . Gangguan tersebut terutama terjadi pada fungsi faal dari organ tubuh seperti paru – paru dan pembuluh darah atau menyebabkan iritasi pada mata dan kulit. Pencemaran udara karena partikel debu biasanya menyebabkan penyakit pernafasan kronis seperti bronchitis khronis, emfisema (penggelembungan rongga atau jaringan karena gas atau udara didalamnya; busung angin) , paru, asma bronkial dan kanker paru. Pencemar gas yang terlarut dalam udara dapat langsung masuk kedalam tubuh sampai ke paru – paru yang pada akhirnya diserap oleh sistem peredaran darah . Kadar timah (Pb) yang tinggi di udara dapat mengganggu pembentukan sel darah merah. Gejala keracunan dini mulai ditunjukkan dengan terganggunya fungsi enzim untuk pembentukan sel darah merah, yang pada akhirnya dapat menyebabkan gangguan kesehatan lainnya seperti anemia , kerusakan ginjal, dan lain – lain. Sedangkan keracunan Pb bersifat akumulatif. Keracunan gas CO timbul akibat terbentuknya karboksihemoglobin (COHb) dalam darah. Afinitas CO yang lebih besar dibandingkan dengan oksigen (O_2) terhadap Hb menyebabkan fungsi Hb untuk membawa oksigen keseluruh tubuh menjadi terganggu. Berkurangnya penyediaan oksigen kedalam tubuh akan membuat sesak nafas, dan dapat menyebabkan kematian, apabila tidak segera mendapat udara segar. Bahan pencemar SO_x , NO_x , H_2S dapat merangsang saluran pernafasan yang mengakibatkan iritasi dan peradangan.

5.4 Pencegahan dan Pengendalian Pencemaran Udara

Upaya pencegahan lingkungan udara dari gas-gas pencemaran dapat dilakukan dengan berbagai tindakan dan pendekatan non teknis dan teknis. Pendekatan non teknis dapat berupa penerapan instrumen kebijakan mengenai pengelolaan sumberdaya alam dan lingkungan, standar baku mutu, peningkatan kesadaran pada semua elemen masyarakat (stakeholder) penting kelestarian lingkungan hidup, sedangkan dari segi teknis adalah dengan penerapan teknologi.

1. Antisipasi ozon

Untuk mengantisipasi polusi udara akibat menipisnya lapisan ozon maka langkah-langkah yang dapat dilakukan dengan mengurangi atau meniadakan penggunaan Chlorofluorocarbon (CFC) pada produksi industri-industri, misalnya pada kemasan aerosol dan mesin pendingin sehingga diperlukan modifikasi mesin pengguna CFC dari alat-alat tersebut.

2. Karbondioksida

Upaya pengelolaan lingkungan udara seperti di atas dapat dilakukan dengan program konservasi hutan, program hutan kota, dan atau penanaman pohon (vegetasi) yang mana fungsi dari vegetasi ini adalah kemampuannya menyerap zat pencemar CO_2 saat berfotosintesis memiliki kemampuan menyerap panas yang menyebabkan udara di sekitarnya menjadi dingin.

Peran vegetasi/hutan dapat dilakukan dengan langkah-langkah:

- a. Menanam pohon yang memiliki kemampuan menyerap zat pencemar udara CO_2
- b. Sesegera mungkin mengganti pohon yang mati dengan tanaman yang baru.
- c. Menciptakan keanekaragaman hayati pada suatu lokasi hutan kota, umur dan jenis yang berbeda sehingga luas permukaan daun/canopy dapat berlanjut.
- d. Memilih jenis tanaman yang sesuai dengan jenis tanah dan iklim lokal sehingga dapat tumbuh subur dan pada akhirnya dapat menyerap CO_2 serta sedikit memerlukan perawatan.
- e. Mempertimbangkan jangka waktu tumbuh, karena jenis tanaman yang memiliki kecepatan tumbuh cepat memiliki pula kesempatan untuk menyerap CO_2 .

3. Oksida belerang

Untuk mengantisipasi kondisi pencemaran yang disebabkan oleh oksida belerang yakni dengan melakukan pembersihan atau pemberantasan SO_2 di industri yang menghasilkan gas buang oksida belerang seperti di kilang

minyak, industri batu bara dan lain sebagainya walaupun teknologi ini harus dibayar mahal.

4. Partikel molekul

Mengantisipasi pencemaran udara oleh partikel Molekul adalah dengan menampung partikel dalam bejana terbuka atau lempeng kaca yang diberi perekat, sehingga partikel yang jatuh dapat ditimbang dan dianalisis sehingga dapat ditentukan bentuk antisipasinya.⁸⁶

Dan adapun upaya pengendalian pencemaran lingkungan khususnya udara saat ini masih bersifat sektoral, baik legislatif maupun institusinya . Peraturan perundangan dalam kaitannya dengan upaya penanggulangan pencemaran yang bersifat nasional adalah undang – undang no. 4 tahun 1982 tentang Ketentuan Pokok Pengelolaan lingkungan Hidup. Beberapa peraturan tentang upaya pengendalian pencemaran misalnya yang diterapkan untuk : Sektor industri, Sektor pertambangan, Sektor transportasi, Teknologi pengendalian pencemaran Upaya teknologi pengendalian pencemaran udara dapat dilakukan melalui: Pengendalian pada sumbernya, meliputi pengendalian pencemaran debu/ partikel, gas, dan buangan kendaraan bermotor. Pengendalian lingkungan, usaha pengendalian pencemaran perlu dilengkapi dengan usaha teknik pengendalian agar sesuai dengan fungsinya.⁸⁷ Upaya pengendalian pencemaran udara dapat dilakukan melalui penelitian dan pemantauan Pengendalian pengelolaan perlu mempertimbangkan keserasian antara faktor sumber emisi, dampak, kondisi sosial, ekonomi, dan politik serta melakukan pengukuran lapangan sesuai dengan kondisi.

⁸⁶ Basri, I. S. (2010). Pencemaran Udara Dalam Antisipasi Teknis . *SMARTek*, 8(2), 3.

⁸⁷ R, D. R. (2008). Teknik Pengendalian Pencemaran Udara Yang Diakibatkan oleh Partikel. *Momentum*, 4(2), 27-28.

- a. Langkah pertama, dalam pengelolaan pencemaran udara adalah dengan melakukan pengkajian/identifikasi mengenal macam sumber, model dan pola penyebaran serta pengaruhnya / dampaknya. Sumber pencemaran udara yang sering dikenal dengan sumber emisi adalah tempat dimana pencemaran udara mulai dipancarkan keudara. Model dan pola penyebaran dapat diperkirakan melalui studi mengenai kondisi fisik sumber (tinggi cerobong, bentuk, lubang pengeluaran dan besarnya emisi) , kondisi awal kualitas udara setempat (latar belakang), kondisi meteorologi dan topografi. Studi dampak pencemaran udara dilakukan terhadap kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan, material, estetika dan terhadap kemungkinan adanya perubahan iklim setempat (lokal) maupun regional.
- b. Langkah selanjutnya adalah mengetahui dan mengkomunikasikan tentang pentingnya pengelolaan pencemaran udara dengan mempertimbangkan keadaan sosial lingkungannya, yang berhubungan dengan demografi , kondisi sosial ekonomi, sosial budaya dan psikologis serta pertimbangan ekonomi. Juga perlunya dukungan politik, baik dari segi hukum, peraturan, kebijakan maupun administrasi untuk melindungi pelaksanaan pemantauan, pengendalian dan pengawasan. Untuk melakukan pengukuran lapangan dalam rangka pemantauan pencemaran udara diperlukan pemilihan metoda secara tepat sesuai dengan kemampuan jaringan pengamatan, penempatan peralatan yang diperlukan untuk mengambil sampel dan kebutuhan peralatan beserta ahlinya untuk keperluan analisis .

Bila emisi dikeluarkan dari suatu aktivitas tidak sesuai dengan baku mutu emisi, perlu diadakan pengendalian terhadap emisi tersebut. Satu cara yang masih banyak dilakukan adalah dengan pemakaian alat pengendali emisi. Berbagai alat pengendali emisi sudah banyak tersedia, pemilihan dilakukan atas dasar efisiensi penyisihan emisi yang dikehendaki, sifat kimiawi pencemar, dan lainnya.

1. Pengendalian Emisi

Beberapa jenis alat pengendali emisi antara lain:

a. Filter Udara

Filter udara dimaksud untuk menyaring partikel yang ikut keluar pada cerobong (stack), agar tidak ikut terlepas ke lingkungan sehingga hanya udara bersih saja yang keluar dari cerobong. Pemilihan jenis filter terutama tergantung pada jenis dan ukuran partikel yang terdapat pada emisi. Filter udara yang dipasang harus tetap diamati dan diganti dengan yang lain.

b. Pengendap Siklon

Pengendap siklon adalah pengendap partikel yang ikut dalam emisi dengan pemanfaatan gaya sentrifugal dari partikel yang sengaja diembuskan melalui tepi dinding tabung siklon sehingga partikel yang lebih berat akan jatuh kebawah. Makin besar ukuran debu, makin cepat partikel tersebut diendapkan.

c. Pengendap sistem gravitasi

Alat pengendap ini berupa ruang panjang yang di aliri dengan udara kotor yang mengandung partikel secara perlahan, sehingga memungkinkan terjadinya pengendapan partikel ke bawah akibat gaya beratnya sendiri.

d. Filter basah

Nama lain dari filter basah adalah *scrubber* atau *wet collector* merupakan pencemaran yang nonpartikel (misalnya, gas dan uap) tidak dapat dipisahkan dengan filter biasa atau pengendap siklon. Pencemaran nonpartikel dapat dipisahkan dari udara bersih dengan menggunakan scrubber. Prinsip kerja scrubber adalah melewati bahan pencemar melalui bahan larutan penyerap. Akibatnya terjadinya kontak antara bahan pencemar di dalam larutan.

2. Pengendalian khusus

Beberapa pencemar dapat dikelola dengan metode lebih spesifik.

a. Pengendalian Sulfur Diodida (SO_2)

Pengendalian sulfur dioksida terutama dilakukan dengan mengurangi penggunaan bahan bakar bersulfur tinggi atau menukarnya dengan bahan bakar yang lebih bersih lingkungan.

b. Pengendalian Oksidasi Nitrogen (NO_x)

Ada dua pendekatan utama dalam pengelolaan NO_x :

1. Modifikasi proses pembakaran untuk mencegah pembentukan NO_x .
2. Memperlakukan gas buang secara kimia, untuk mengkonversi NO_x menjadi N_2 .

Kebanyakan modifikasi dari pembakaran melibatkan bagian pencampuran udara dan bahan bakar, pembakaran bahan bakar sebanyak mungkin, pemindahan panas dari pembakaran, dan penambahan udara dan mengakhiri pembakaran.

c. Pengendalian Volatile Organic Compounds (VOC_s)

1. Ada beberapa alternatif dalam pengelolaan VOC_s .
2. Substitusi dengan bahan yang tidak mengandung VOC_s .
3. Isolasi proses, sehingga VOC_s tidak terbawa ke udara luar.
4. Adsorbs dengan bahan adsorbent.
5. Membakar gas buang yang mengandung VOC_s sehingga dihasilkan bahan yang kurang berbahaya.
6. Melakukan kondensasi terhadap gas buang
7. Modifikasi dari proses untuk mengeliminasi keluarnya VOC_s .

BAB 6

PENGENDALIAN VEKTOR

6.1 Defenisi dan Istilah terkait Vektor

Istilah vector digunakan untuk menunjukkan suatu *carrier organism* dari suatu penyakit. Vektor mungkin berperan secara mekanik seperti dalam kasus rumah padas penularan organisme enterik, atau secara biologis menjadi sarana suatu organisme berkembangbiak atau mengalami perubahan di dalam tubuh vektor seperti yang terjadi pada perkembangan parasite malaria dalam tubuh nyamuk anopheles.

Sampai beberapa abad *vector-borne disease* menjadi sumber penderitaan manusia. Pes bubo adalah salah satu contoh yang sangat dramatik, sejumlah peristiwa *pandemic* dari penyakit ini telah terjadi yang sering membunuh lebih dari separuh dari penduduk di daerah yang diserang. Malaria adalah salah satu penyakit yang menyebar sangat luas, di hampir seluruh penjuru dunia kecuali di wilayah kutub dan gurun pasir yang kering. Tikus *louse-borne typhus fevers* telah menghabiskan dana masyarakat dan tidak sampai pada masa Perang Dunia II wabah itu telah dapat dikendalikan dengan DDT. Sebagai tambahan, penyakit dan kematian di kaitkan dengan serangga dan binatang pengerat, produktivitas manusia dan bentuk-bentuk rekreasi telah terhalang oleh ketidak nyamanan yang disebabkan oleh hama ini. Bahkan saat ini pada daerah yang belum berkembang manusia tetap terus terpapar oleh adanya *vector-borne diseases* karena kehidupan mereka di rumah bersama-sama serangga dan binatang pengerat.⁸⁸

6.2 Bionomik dan Ekologi Vektor

A. Bionomik Vektor⁸⁹

1) Siklus Hidup Nyamuk

⁸⁸ Didik Sarudji, M. (2006). *KESEHATAN LINGKUNGAN*. Jakarta : Rineka Cipta

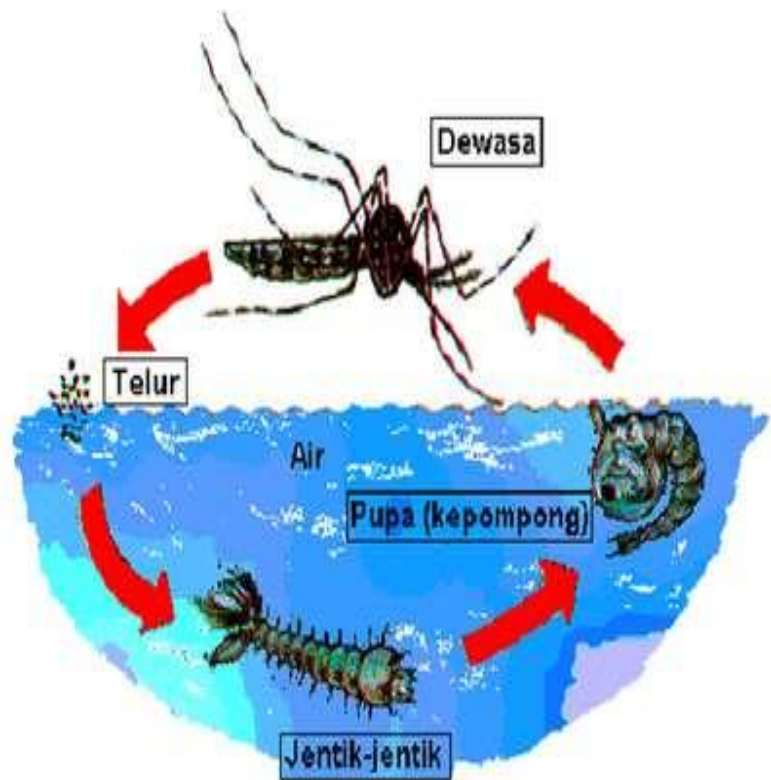
⁸⁹ Chandra, Budiman. (2007). *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. EGC: Jakarta.

Nyamuk dalam siklus hidupnya mempunyai tingkatan-tingkatan yang kadang-kadang antara tingkatan yang satu dan tingkatan berikutnya terlihat sangat berbeda. Berdasarkan tempat hidupnya dikenal 2 tingkatan:

- a) Tingkatan di dalam air.
- b) Tingkatan di luar tempat berair (darat-udara)

Jadi untuk kelangsungan hidup nyamuk sangat diperlukan air. Apabila tidak terdapat air, maka siklus hidup nyamuk akan terputus. Tingkatan-tingkatan kehidupan nyamuk yang berada di dalam air ialah:

- a) Telur
- b) Larva (jentik)
- c) Kepompong (pupa)



(Siklus Hidup Nyamuk *Aedes aegypti*)

Setelah satu-dua hari telur berada di dalam air, maka telur akan menetas menjadi larva (jentik). Jentik muda ini sangat halus seperti jarum. Waktu yang diperlukan untuk pertumbuhan jentik sampai menjadi nyamuk dewasa antara enam-delapan hari tergantung atas suhu, kesediaan makanan, serta spesies nyamuk.

Dari jentik tumbuh menjadi kepompong (pupa) yang merupakan tingkatan atau stadium istirahat dan tidak makan. Pada tingkatan kepompong akan dibentuk alat-alat tubuh nyamuk dewasa serta alat kelamin untuk penentuan jenisnya. Tingkatan kepompong ini memakan waktu antara satu sampai dua hari.

Setelah cukup waktunya maka akan keluar nyamuk dewasa yang telah dapat dibedakan jenis kelaminnya. Setelah nyamuk menghirup udara, maka beberapa lama kemudian nyamuk ini telah mampu terbang, nyamuk akan meninggalkan habitat berair untuk meneruskan hidupnya di habitat yang tidak berair.

Pada umumnya nyamuk betina hanya kawin sekali selama hidupnya. Biasanya perkawinan terjadi setelah 24-28 jam setelah keluar dari kepompong.⁹⁰

2) Perilaku Nyamuk

Perilaku nyamuk berkaitan dengan gejala biologis dan selalu ada variasi. Variasi tingkah laku akan terjadi di dalam spesies tunggal, baik di daerah yang sama maupun yang berbeda. Perilaku ini sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang dikenal sebagai rangsangan dari luar.

3) Perilaku Mencari Makan (Darah)

Perilaku mencari makan dapat dilihat dari berbagai segi, yaitu:

⁹⁰ Sumantri, Arif. (2017). Kesehatan Lingkungan. Kencana: Depok

- a) Perilaku mencari darah dikaitkan dengan waktu
- b) Perilaku mencari darah dikaitkan dengan tempat
- c) Frekuensi menggigit

4) Umur populasi vektor

Umur bervariasi tergantung dari spesies dan dipengaruhi keadaan lingkungan. Cara praktis dan meyakinkan untuk mengukur umur populasi nyamuk yaitu dengan melihat berapa presentasi jumlah nyamuk "*parous*" dari jumlah yang diperiksa.

5) Distribusi makanan

Distribusi makanan vektor sangat penting untuk diketahui. Data distribusi musiman ini apabila dikombinasikan dengan data umum populasi vektor akan menerangkan musim penularan yang tepat.

Pada Umumnya tiap spesies yang berperan sebagai vektor, memperlihatkan pola distribusi musiman tertentu. Untuk daerah tropis seperti Indonesia, Pada umumnya densitas tinggi pada musim penghujan.

6) Penyebaran Vektor

Berlangsung dalam dua cara, yaitu:

- a) Cara aktif, yang dilakukan nyamuk dengan menggunakan kekuatan terbang.
- b) Cara pasif, dengan perantaraan dan bantuan transportasi angin.

7) Perilaku Beristirahat

Beristirahat bagi nyamuk mempunyai arti dua macam, yaitu:

- a) Beristirahat yang sebenarnya, selama waktu menunggu proses perkembangan telur.

- b) Beristirahat yang hanya sementara, yaitu pada waktu nyamuk sedang aktif mencari darah.⁹¹

Meskipun pada umumnya nyamuk lebih cenderung suka di tempat teduh atau lembab, dan aman untuk beristirahat, tetapi apabila diteliti lebih lanjut tiap spesies nyamuk mempunyai perilaku berbeda. Ada spesies yang hanya hinggap di tempat-tempat dekat tanah, tetapi ada pula yang hinggap di tempat-tempat yang lembab dan terlindungi dari cahaya.

8) Perilaku Berkembangbiak

Nyamuk betina mempunyai kemampuan memilih tempat perindukan atau tempat berkembang biak yang sesuai dengan kesenangan dan kebutuhannya. Ada spesies yang senang dengan tempat-tempat yang kena sinar matahari langsung, tetapi ada pula yang senang dengan tempat-tempat teduh. Spesies yang satu memilih tempat perindukan cukup baik di air payau (campuran air dengan air laut), spesies lainnya hanya mau berkembang biak di air tawar. *Aedes aegypti* senang meletakkan telur di air tawar yang bersih dan tidak langsung menyentuh tanah, begitu selanjutnya masih banyak variasi lain.

9) Pengaruh Beberapa Faktor Fisik

- a) Temperatur
- b) Kelembapan
- c) Curah Hujan
- d) Sinar⁹²

B. Ekologi Vektor⁹³

⁹¹ Sumantri, Arif. (2017). Kesehatan Lingkungan. Kencana: Depok

⁹² Sumantri, Arif. (2017). Kesehatan Lingkungan. Kencana: Depok

⁹³ Chandra, Budiman. (2007). Pengantar Kesehatan Lingkungan. EGC: Jakarta.

a) Habitat Larva

Jenis air yang disukai nyamuk adalah air jernih, sehingga dengan mengurangi sebanyak mungkin container berisi air pada musim penghujan telah banyak mengurangi nyamuk dewasa *Aedes aegypti*. Contoh kontainer air (water container) adalah kaleng-kaleng bekas, botol, ban bekas, drum, tanggul bambu, cekungan pada saluran air atap terbuat dari seng, tempat minum burung, dan lain-lain.

Namun Vektor lain, misalnya *Anopheles farauti* di Irian Jaya, dapat membiak pada berbagai microhabitat yang luas, misalnya got dan parit, genangan air sementara, rawa, kolam ikan, kolam dengan tanaman kangkung, dan lain-lain.

b) Kontrak Vektor Penjamu (Host Vector Contact)

Salah satu aspek penting dari kebiasaan makan vektor ialah kerusakan Penjamu (*host-preference*) yakni kecenderungan mencari darah mangsa kepada suatu vertebrata tertentu walaupun terdapat penjamu alternatif.

“Kesukaan pejamu” dapat diketahui melalui studi tentang angka gigitan (*bitting rate*) yakni jumlah betina yang tertangkap dengan umpan manusia per orang per jam pemaparan. Dengan membandingkan berbagai angka gigitan dan dengan tersedianya pejamu alternatif, maka dapat diketahui kesukaan pejamu suatu vektor.

Bila vektor yang kontak dengan manusia dengan maksud mengambil darah mangsa adalah vektor yang infeksius, maka angka gigitan yang diperoleh mungkin merupakan satu-satunya indeks transmisi penyakit yang terpenting.

c) Tempat Istirahat (Resting Place)

Nyamuk beristirahat pada waktu siang hari di tempat-tempat yang sepi, gelap, dingin, dan basah.

d) Jangkauan Terbang dan Penyebarannya (Dispersal and Flight Range)

Penyebaran dilakukan dengan terbang, lari, atau secara pasif dibawa oleh pejamu.

e) Siklus Harian dan Musiman

Waktu mencari makan (*feeding time*) mempunyai pola harian yang dipengaruhi oleh tenggelam dan terbitnya matahari, demikian juga waktu istirahat (*resting time*).⁹⁴

6.3 Penyakit yang ditularkan Vektor

Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD)

Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) atau Dengue Haemorrhagic Fever (DHF) dapat bermanifestasi sebagai Dengue Shock Syndrome (DSS) yang merupakan suatu penyakit infeksi akibat virus dengue, ditularkan melalui gigitan vektor nyamuk *Aedes aegypti* (*A. Aegypti*). Infeksi virus dengue akan memberikan gejala bervariasi mulai dari sindroma virus nonspesifik sampai perdarahan akut. Sampai saat ini, dikenal empat tipe virus penyebab DBD yang termasuk dalam kelompok "Arthropod Borne Virus" atau arbovirus yaitu Dengue -1, Dengue-2, Dengue-3 dan Dengue-4. Keempat tipe ini telah ditemukan di berbagai daerah di Indonesia. Dari hasil penelitian Knipling dkk dikatakan bahwa Dengue-3 merupakan tipe yang paling luas penyebarannya dan sangat berkaitan dengan kasus yang paling berat disusul Dengue-2, Dengue-1 dan Dengue-4.

A.aegypti adalah nyamuk (serangga) berukuran tubuh kecil, berwarna hitam, dan berbintik-bintik putih, dengan penyebaran hampir di seluruh wilayah Indonesia, kecuali di daerah dengan ketinggian lebih dari 1000 meter di atas permukaan laut. Nyamuk betina akan terinfeksi virus dengue pada saat menghisap darah seseorang yang

⁹⁴ Sumantri, Arif. (2017). Kesehatan Lingkungan. Kencana: Depok

sedang dalam fase demam akut. Setelah melalui periode inkubasi ekstrinsik 8 sampai 10 hari, kelenjar ludah nyamuk bersangkutan akan terinfeksi dan virusnya akan ditularkan ketika nyamuk tersebut menggigit dan mengeluarkan cairan ludahnya ke dalam luka gigitan ke tubuh orang lain. Setelah masa inkubasi di tubuh manusia selama 3-14 hari (rerata 4-6 hari) secara mendadak timbul gejala awal penyakit ditandai dengan demam, pusing, nyeri otot, hilang nafsu makan, dan berbagai tanda atau gejala non spesifik seperti mual, muntah dan ruam pada kulit.

Gejala demam dengue sangat tergantung pada umur penderita. Pada usia balita biasanya berupa demam, bahkan kejang disertai ruam makulopapular. Pada anak-anak yang lebih besar (di atas lima tahun) dan dewasa 9 di atas 15 tahun), dimulai dengan demam ringan atau demam tinggi ($>39^{\circ}\text{C}$) secara tiba-tiba dan berlangsung selama 2 – 7 hari. Demam dapat mencapai 40 – 41 oC disertai sakit kepala hebat, nyeri di belakang mata, nyeri sendi, nyeri otot, mual, muntah dan ruam-ruam. Bintik-bintik perdarahan di kulit sering terjadi, kadang kadang disertai bintik-bintik perdarahan di farings dan konjungtiva. Penderita juga sering mengeluh nyeri menelan, tidak enak di ulu hati, nyeri di tulang rusuk kanan dan nyeri seluruh perut.

Demam akut terjadi apabila virus sudah berada di dalam darah (Viraemia), biasanya muncul pada saat atau persis sebelum gejala awal penyakit tampak dan berlangsung selama kurang lebih lima hari setelah mengidap penyakit. Saat tersebut merupakan masa kritis dimana penderita dalam masa sangat infeksi untuk vektor nyamuk yang berperan dalam siklus penularan (jika penderita tidak terlindungi dari kemungkinan digigit nyamuk). Ini merupakan pola penularan virus dengue secara vertikal dari nyamuk betina yang terinfeksi ke generasi berikutnya. Hal ini merupakan mekanisme penting untuk mempertahankan hidup virus, namun tidak dalam kejadian luar biasa atau wabah. Secara garis besar penyakit DBD dapat digolongkan ke dalam empat stadium [1] yaitu:

1. Stadium I (ringan): ditandai dengan adanya demam tinggi mendadak selama dua sampai tujuh hari disertai dengan gejala klinis tidak khas disertai manifestasi perdarahan ringan yaitu uji tourniquet positif.
2. Stadium II (sedang): dengan gejala lebih berat dari stadium I, karena adanya perdarahan di kulit dan manifestasi perdarahan lain, yaitu epistaxis, perdarahan gusi, hematemesis dan atau melena. Gangguan aliran darah perifer ringan yaitu kulit teraba dingin dan lembab terutama pada ujung jari dan hidung.
3. Stadium III (berat): kegagalan sirkulasi ditandai dengan denyut nadi yang cepat dan lemah, menurunnya tekanan darah (20 mmHg atau kurang) atau hipotensi, ditandai dengan kulit dingin dan lembab serta pasien menjadi gelisah (pra syok).
4. Stadium IV: Syok berat dengan tidak terabanya denyut nadi maupun tekanan darah yang tidak bisa diukur. Pada umumnya DBD menyerang anak balita tetapi dalam perkembangan selanjutnya proporsi penderita telah bergeser ke usia 15 tahun ke atas.

Di Indonesia, jumlah penderita DBD cenderung semakin meningkat dan menyebar luas. Tahun 1968 pertama kali penyakit ini berjangkit di Jakarta dan Surabaya. Dua puluh tahun kemudian, DBD telah berjangkit di 201 Dati II di seluruh Indonesia. Data terakhir menyebutkan bahwa tinggal seperempat bagian wilayah Indonesia yang belum terkena DBD. Pada gambar 2 terlihat peningkatan jumlah penderita terjadi secara periodik tiap lima tahun, bahkan beberapa kali menyebabkan Kejadian Luar Biasa (KLB) dimana jumlah pasien yang terkena sangat banyak baik di perkotaan sampai ke pelosok pedesaan dengan angka kematian yang cukup tinggi yaitu 2-4%. Meskipun saat ini angka kematian menunjukkan penurunan, namun angka kesakitan (morbiditas) dan sebarannya masih tinggi.

Pasien DBD yang tidak tertolong disebabkan karena terlambat dibawa ke rumah sakit ataupun mendapatkan pertolongan. Selain itu,

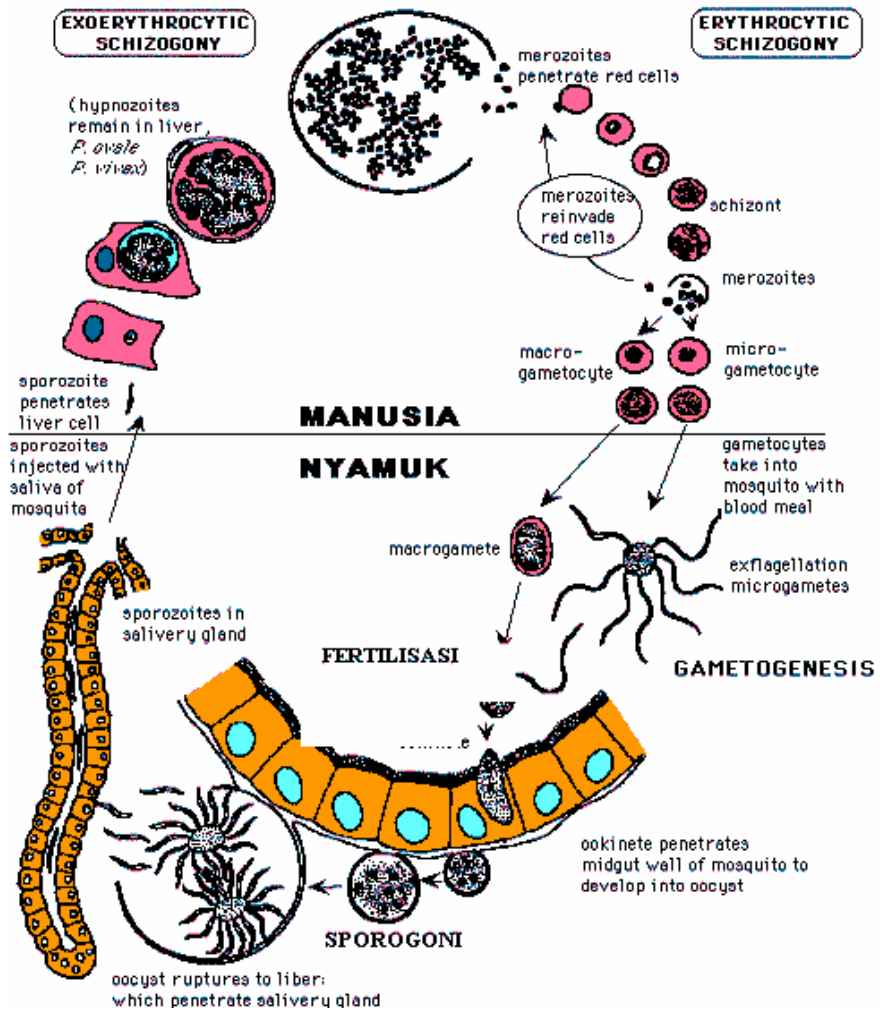
sampai saat ini belum ditemukan obat maupun vaksin yang dapat menyembuhkan penyakit DBD tersebut. Pertolongan yang diberikan pada pasien adalah upaya untuk menurunkan demam atau panas dengan obat penurun demam atau panas, serta memberikan banyak minum atau infus agar tidak kehilangan cairan tubuh (dehidrasi). Disamping itu, dokter atau keluarga menjaga agar pasien tidak mengalami syok DBD merupakan masalah kesehatan masyarakat di Indonesia yang belum dapat terpecahkan karena morbiditasnya (angka kesakitan) tinggi dan penyebaran yang semakin luas. Pengobatan spesifik terhadap penyakit DBD sampai saat ini belum ada, sehingga untuk pemberantasannya dilakukan dengan mengendalikan vektor nyamuk. Pemberantasan nyamuk *A. aegypti* dilakukan dengan menggunakan insektisida temefos 1% untuk stadium larva dan pengasapan (fogging) dengan malation 4% untuk nyamuk dewasa. Selain cara tersebut, dilakukan pengendalian lingkungan untuk meniadakan tempat perindukan nyamuk dengan melaksanakan "Pemberantasan Sarang Nyamuk" (PSN) secara lebih intensif (3M = Menguras, Menutup dan Mengubur). Namun demikian upaya ini belum memberikan hasil yang memadai karena jumlah kasus DBD masih tetap tinggi serta wilayah yang terjangkit juga semakin luas.⁹⁵

Penyakit Malaria

Penyakit malaria disebabkan oleh adanya infeksi parasit *Plasmodium* sp yang dapat ditularkan dari orang sakit ke orang yang sehat melalui gigitan nyamuk betina *Anopheles* sp sebagai vektornya. Tercatat ada 4 spesies parasit penyebab penyakit malaria, yaitu *Plasmodium ovale*, *Plasmodium malariae*, *Plasmodium vivax* dan *Plasmodium falciparum*. *Plasmodium falciparum* adalah parasit yang paling ganas, karena dapat menyebabkan kematian terutama anak-anak balita dan ibu hamil. Siklus hidup *Plasmodium* penyebab penyakit malaria meliputi

⁹⁵ Nurhayati, S. (2005). PROSPEK PEMANFAATAN RADIASI. *Buletin Alara*, 7(1-2).

siklus aseksual dan seksual Parasit atau sporozoit yang ditularkan lewat nyamuk biasanya masuk ke dalam hati dan berubah menjadi merozoit, masuk ke aliran darah, menginfeksi dan berkembang biak sehingga merusak sel darah merah dan menyebabkan demam pada penderita (masa inkubasi).⁹⁶



Pinjal (Fleas)

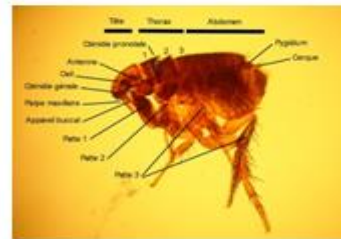
Pinjal adalah serangga yang termasuk ordo siphonatera. Pinjal merupakan serangga parasit yang umumnya ditemukan pada hewan namun

⁹⁶ Nurhayati, S. (2005). PROSPEK PEMANFAATAN RADIASI. *Buletin Alara*, 7(1-2).

terkadang juga pada manusia. Pinjal menghisap darah dari inang yang ditumpanginya. Saat pinjal menggigit kulit inangnya, air ludah pinjal akan ikut masuk ke dalam jaringan kulit dan menyebabkan radang serta alergi. Selain itu, kotoran pinjal juga dapat menyebabkan penyakit Rickettsia jika masuk ke dalam luka gigitannya. Pinjal hanya penting dalam dunia kedokteran terutama yang berhubungan dengan penularan penyakit sampar dan endemic typhus. Pinjal dapat juga bertindak sebagai hospes perantara parasit.



Ctenocephalides felis jantan



Ctenocephalides felis betina

Tungau (Mites)

Adalah vektor pada penyakit tsutsugamushi atau scrub typhus yang disebabkan oleh Rickettsia tsutsugamushi, tungau menggigit manusia menyebabkan luka bernanah disertai demam yang remiten, lymphadenitis, splenomegaly dan suatu eritema yang merah sekali.

Vektor utamanya adalah Trombicula akamushi dan T. deliensis, tungau menularkan penyakit pada stadium larva sedangkan larvanya adalah parasit pada tikus ladang di Jepang dan beberapa tikus rumah dan tikus ladang di Taiwan dan di Indonesia. Manusia merupakan hospes secara kebetulan, larvanya melekatkan diri pada pekerja di ladang. Penyakit ini dapat ditularkan dari generasi ke generasi, sehingga larva generasi kedua mampu menginfeksi manusia.



Ular,Kelelawar (Virus Corona)

Bentuk virus yang masih bersaudara dengan penyebab SARS dan MERS ini persis mahkota. Bentuk mahkota ditandai protein S berupa sepatu yang tersebar di sekeliling permukaan virus. Dikutip dari situs LIPI, virus Corona memiliki satu rantai RNA sehingga kerap disebut virus RNA. Virus jenis ini bermutasi lebih cepat dibanding DNA hingga satu juta kali. Virus Corona Paramyxovirus sempat muncul dalam mesin pencarian Google. Keduanya adalah virus yang berbeda meski sama-sama bisa menginfeksi manusia dari hewan. Penyakit yang disebabkan Paramyxovirus adalah Respiratory Syncytial Virus (RSV), *Newcastle disease*, dan *parainfluenza*.

Coronavirus umumnya sudah tua dan sudah memiliki masalah kesehatan sebelumnya. Mereka memiliki daya tahan tubuh yang lemah sehingga mudah terinfeksi virus Corona 2019-nCoV. Namun pemerintah China punya lima kasus kematian akibat virus Corona yang usianya kurang dari 60 tahun, yaitu 36, 50, 53, 55, dan 58 tahun. Karena itu, sangat penting melakukan usaha preventif untuk melindungi diri dan infeksi virus. Usaha preventif harus dilakukan dari berbagai lapisan usia, meski

punya daya tahan tubuh yang baik. Usaha pencegahan Virus Corona makin penting karena hingga kini belum ditemukan vaksinnnya. Pencegahan menghadapi virus Corona harus dilakukan setiap hari dari segala lapisan usia.

Berikut ini usaha pencegahan virus Corona dikutip dari CDC:

- a. Cuci tangan dengan air dan sabun minimal 20 detik, atau pencuci tangan yang minimal mengandung 60 persen alkohol
- b. Hindari menyentuh mata, hidung, dan mulut dengan tangan yang tidak dicuci
- c. Hindari kontak dekat dengan orang yang sakit
- d. Tinggal di rumah jika sedang sakit

Para ilmuwan berupaya membuktikan skenario ini. Menurut Profesor Andrew Cunningham dari Zoological Society London (ZSL), upaya ini seperti kisah detektif. Ia mengatakan sejumlah hewan liar berpeluang untuk menjadi inang bagi virus itu, utamanya kelelawar. Kelelawar hidup dalam koloni besar, terbang jauh dan ada di seluruh benua. Mereka jarang sakit, tapi punya peluang untuk menyebarkan penyakit secara luas. Menurut Profesor Kate Jones dari University College London, ada bukti bahwa kelelawar telah beradaptasi dan mampu memperbaiki DNA mereka karena adanya kebutuhan energi untuk terbang.

Masyarakat di Wuhan Cina memiliki kegemaran mengonsumsi daging hewan-hewan liar terutama kelelawar dan ular dari Pasar hewan. Pemerintah China kini kembali melarang jual beli hewan liar, yang sering dipakai untuk makanan dan obat tradisional. Ada laporan bahwa larangan ini akan dibuat permanen di Wuhan yang ditutup sesudah adanya virus Corona, dan hal ini diyakini sebagai penyebabnya. Jumlah kematian karena virus ini ada 305 meninggal dunia dan 14.568 telah terinfeksi di seluruh dunia terutama di China dan 444 dalam keadaan kritis.

6.4 Pengendalian Vektor Terpadu terhadap Vektor Penyakit

Pengendalian Serangga Secara Konvensional Penyakit DBD

Kecenderungan penyebaran penyakit DBD berkaitan erat dengan semakin meningkatnya kepadatan, sanitasi lingkungan yang buruk serta mobilitas penduduk yang tinggi, baik yang menggunakan sarana transportasi di dalam kota maupun antar daerah. Disamping itu banyaknya pembangunan perumahan baru juga memberikan tempat bagi berkembang biaknya nyamuk *A. aegypti*. Hasil survey yang dilakukan oleh Departemen Kesehatan di 9 kota, menunjukkan bahwa nyamuk *A.aegypti* ditemukan pada satu diantara tiga rumah atau tempat umum yang diperiksa. Tempat perindukan nyamuk ini yang paling potensial adalah tempat penampungan air seperti bak mandi/WC, tempayan, drum dan kaleng-kaleng bekas yang tidak terpakai.

Dalam pemberantasan penyakit DBD yang dilakukan oleh pemerintah saat ini adalah dengan cara membuat strata desa yaitu desa endemis dan non-endemis, intervensi yang dilakukan sesuai dengan strata tersebut. Untuk desa endemis, kegiatan yang dilakukan adalah pemberantasan nyamuk dengan pengasapan masal yang dilakukan dalam 2 siklus, pemberantasan jentik dengan cara abatisasi selektif 4 kali setahun, dan diadakan penyuluhan untuk masyarakat dengan pembentukan kader, pertemuan lintas sektoral dan juga pemutaran film. Untuk desa non-endemis, kegiatan yang dilakukan adalah pengamatan penderita dan partisipasi masyarakat dalam PSN yang merupakan kegiatan sangat murah sambil membudayakan hidup bersih.Selain itu dilakukan kegiatan fogging fokus untuk penanggulangan KLB di daerah endemis dan non endemis.Berbagai usaha tersebut ternyata belum menunjukkan hasil yang mengembirakan bahkan kasus DBD mempunyai kecenderungan terus meningkat setiap hari.Masih hangat dalam ingatan bahwa ribuan orang di tanah air tercinta ini terjangkit penyakit DBD, terutama anak-anak dan dewasa yang harus menanggung derita dan terpaksa dirawat secara darurat di lorong-lorong rumah sakit karena keterbatasan daya tampungnya.Oleh karena itu harus segera dilaksanakan teknik pengendalian baru yang dapat menyelesaikan permasalahan DBD. Pengendalian nyamuk/vektor dengan cara yang konvensional menggunakan insektisida dirasa kurang efektif

karena dapat mengakibatkan matinya flora maupun fauna non target, serta timbulnya pencemaran lingkungan dan timbulnya resistensi terhadap insektisida tertentu, bahkan sering terjadi resistensi silang (cross resistance), sehingga mengurangi efektivitas pengendalian itu sendiri. Belum ditemukannya obat DBD sampai sekarang merupakan persoalan yang serius, terutama bagi negara berkembang sebagai wilayah endemik penyakit DBD seperti Indonesia. Karena upaya pengendalian DBD yang belum memberikan hasil memadai, maka diperlukan cara lain untuk membantu program pemberantasan vektor DBD, antara lain dengan Teknik Jantan Mandul.

Radiasi untuk pengendalian serangga penyebab DBD

Radiasi dapat dimanfaatkan untuk pengendalian vektor yaitu untuk membunuh secara langsung dengan teknik desinfestasi radiasi dan membunuh secara tidak langsung yang lebih dikenal dengan Teknik Serangga Mandul (TSM), yaitu suatu teknik pengendalian vektor yang potensial, ramah lingkungan, efektif, spesies spesifik dan kompatibel dengan teknik lain. Prinsip dasar TSM sangat sederhana, yaitu membunuh serangga dengan serangga itu sendiri (autocidal technique). Teknik ini meliputi iradiasi terhadap koloni serangga vektor pada berbagai stadium dan kemudian secara periodik dilepas ke lapang (lingkungan) atau lokasi yang diperkirakan serangga vektor cukup potensial, tingkat kebolehjadian teknik ini dari perkawinan antara serangga mandul dan serangga fertil menjadi makin besar dari generasi pertama ke generasi berikutnya. Hal ini berakibat makin menurunnya prosentase fertilitas populasi serangga di lapangan yang secara teoritis terjadi pada generasi ke-4 atau ke-5 menjadi titik terendah dimana populasi serangga menjadi nol.

TJM atau Teknik Jantan Mandul merupakan teknik pemberantasan serangga dengan jalan memandulkan serangga jantan. Kemandulan adalah ketidakmampuan suatu organisme untuk menghasilkan keturunan. Gejala kemandulan akibat radiasi pada nyamuk jantan disebabkan karena

terjadinya aspermia, inaktivasi sperma, mutasi letal dominan dan ketidak-mampuan kawin.

Dasar teorinya adalah bila serangga betina hanya kawin satu kali dalam perkawinan tersebut dengan serangga jantan yang mandul, maka keturunan tidak akan terbentuk. Serangga jantan mandul dilepas di lapangan dengan harapan bisa bersaing dengan jantan normal alam dalam berkopulasi dengan serangga betina. Serangga betina yang telah berkopulasi dengan jantan mandul dapat bertelur, tetapi telurnya tidak dapat menetas. Apabila pelepasan serangga jantan mandul dilakukan secara terus menerus, maka populasi serangga dilokasi pelepasan menjadi sangat rendah.

Dalam perkembangan selanjutnya TJM ini dikenal sebagai TSM karena berdasarkan pelaksanaan praktis untuk memisahkan serangga vektor jantan dan betina yang akan diradiasi tidaklah mudah, sehingga serangga mandul yang diradiasi dan dilepas di lapangan tidak hanya jantan tetapi juga betina. Dengan pelepasan serangga betina mandul bersama-sama jantan mandul, maka diharapkan bahwa kemungkinan terjadinya perkawinan antara jantan fertil dengan betina fertil berkurang. Pelaksanaan TSM dapat dilakukan dengan 2 metoda yaitu :

1. Metoda yang meliputi pembiakan masal di laboratorium, pemandulan dan pelepasan serangga mandul ke lapangan.
2. Metoda pemandulan langsung terhadap serangga lapangan.

Metoda pertama menerangkan bahwa jika ke dalam suatu populasi serangga di lapangan dilepaskan serangga mandul, maka kemampuan populasi tersebut untuk berkembang biak akan menurun. Apabila nilai kemandulan serangga radiasi mencapai 100% dan daya saing kawinnya mencapai nilai 1.0 (sama dengan jantan normal) dan jumlah serangga radiasi yang dilepas sama dengan jumlah serangga normal (perbandingan 1:1), maka kemampuan berkembang biak populasi tersebut akan turun sebesar 50%. Jika perbandingan tersebut dinaikkan menjadi 9:1 (jumlah serangga radiasi yang dilepas 9 kali dari jumlah serangga lapangan), maka

kemampuan populasi tersebut untuk berkembang biak akan turun sebesar 90%.

Metoda kedua, yaitu metoda tanpa pelepasan serangga yang dimandulkan. Metoda ini dilaksanakan dengan prinsip pemandulan langsung terhadap serangga lapangan yang dapat dilakukan dengan menggunakan senyawa kemosterilan, baik pada jantan maupun betina. Dengan metoda kedua ini akan diperoleh dua macam pengaruh terhadap kemampuan berkembangbiak populasi serangga. Kedua pengaruh tersebut adalah mandulnya sebagian serangga lapangan sebagai akibat langsung dari kemosterilan dan pengaruh berikutnya dari serangga yang telah mandul terhadap serangga sisanya yang masih fertil. Kemosterilan merupakan senyawa kimia yang bersifat mutagenik dan karsinogenik pada hewan maupun manusia sehingga teknologi ini tidak direkomendasikan untuk pengendalian vektor. Kelebihan dari teknik TSM adalah:

- a. Bersifat selektif, artinya yang menjadi sasaran pengendalian hanya serangga vektor tersebut.
- b. Tidak merusak lingkungan.
- c. Tidak menimbulkan resistensi.
- d. Syarat-syarat yang biasa diperlukan pada pemberantasan secara biologi dengan menggunakan musuh alami tidak diperlukan lagi.

Tidak semua serangga dapat diberantas dengan Teknik Serangga Mandul. Supaya populasi serangga dapat dikendalikan menggunakan TSM, harus dipenuhi syarat-syarat sbb:

- a. Serangga betina tidak bersifat partenogenesis (berkembang dari telur yang dibuahi).
- b. Serangga (terutama jantan) harus mudah dikembangbiakan secara masal di luar habitat aslinya (laboratorium).
- c. Perlakuan pemandulan (dengan radiasi) tidak mengakibatkan kelainan fisiologis dan morfologis serta penurunan kemampuan kawin.
- d. Serangga betina sebaiknya kawin satu kali dan berumur lebih pendek dari serangga jantan. Bila serangga betina hanya kawin satu kali,

maka betina normal yang sudah dikawini jantan mandul, tidak akan dikawini lagi oleh jantan normal dan tidak akan menghasilkan keturunan.

- e. Serangga jantan sebaiknya dapat kawin lebih dari satu kali dan berumur lebih panjang dari betina. Apabila serangga jantan umurnya panjang dan dapat kawin lebih dari satu kali, maka jantan-jantan yang sudah mandul dapat mengawini beberapa betina fertil di lapangan, sehingga penurunan populasi akan lebih besar.
- f. Tersediannya informasi ekologi serangga sasaran di lokasi yang akan digunakan sebagai tempat pengendalian antara lain: tinggi dan fluktuasi populasi, penyebaran serta jarak terbang.

Radiasi Untuk Pemandulan Nyamuk Vektor DBD

Salah satu cara pemandulan nyamuk vektor adalah dengan cara radiasi ionisasi yang dikenakan pada salah satu stadium perkembangannya. Radiasi untuk pemandulan ini dapat menggunakan sinar gamma, sinar X atau neutron, namun dari ketiga sinar tersebut yang umum digunakan adalah sinar gamma. Sinar gamma dapat berasal dari Cobalt-60 yang mempunyai waktu paruh 3,5 tahun atau cesium-137 dengan waktu paruh 30 tahun. Untuk mendapatkan vektor mandul dengan radiasi secara teoritis dapat dilakukan pada stadium telur, larva, pupa atau dewasa. Hasil optimum dapat diperoleh dengan memilih stadium yang paling tepat untuk diradiasi. Stadium pupa merupakan stadium perkembangan dimana terjadi transformasi/perkembangan organ muda menjadi organ dewasa [10]. Pada stadium ini umumnya spermatogenesis dan oogenesis sedang berlangsung, sehingga dengan radiasi dosis rendah (65-70 Gy) sudah dapat menimbulkan kemandulan. Dari hasil penelitian kami tahun 2005 menunjukkan bahwa pada dosis 65 Gy yang dilakukan pada stadium pupa nyamuk *A. aegypti* sudah bisa memandulkan 98,53% dan 100% dengan radiasi 70 Gy. Umur pupa pada saat diradiasi memiliki kepekaan yang berbeda-beda, semakin tua, kepekaannya terhadap radiasi akan semakin menurun.

Radiasi ionisasi secara umum dapat menimbulkan berbagai akibat terhadap nyamuk vektor, baik kelainan morfologis maupun kerusakan genetis. Derajat kelainan atau kerusakan yang terjadi akibat radiasi ionisasi tergantung kepada berbagai faktor yaitu faktor teknik radiasi (macam sinar, cara pemberian dosis dan laju dosis), faktor lingkungan (suhu, atmosfer) dan faktor biologi (perbedaan spesies dan variasi sel/jaringan).

Gejala-gejala kemandulan akibat radiasi pada vektor jantan disebabkan karena terjadinya aspermia, inaktivasi sperma, mutasi letal dominan dan ketidakmampuan kawin. Selain digunakan dalam pemandulan vektor, teknik nuklir juga bisa digunakan sebagai penanda vektor. Karena radioisotop (seperti P32) dapat memancarkan sinar radioaktif, sehingga dipakai sebagai penanda keberadaan nyamuk *A. aegypti* di lapangan. Penandaan vektor dianggap penting terutama untuk mempelajari bionomik (interaksi organisme dengan lingkungan) nyamuk di lapangan, seperti mempelajari jarak terbang, pola pemencaran, umur nyamuk, pemilihan hospes, siklus gonotrofi (siklus pematangan sel gamet) dan aspek bionomik yang lain. Dengan demikian penandaan nyamuk *A. aegypti* dengan radioisotop dianggap sebagai cara penandaan paling tepat dan mudah, untuk mempelajari penyebaran dan jarak terbang nyamuk. Data ini sangat berguna untuk menunjang keberhasilan TSM dan penerapannya di lapangan.

Syarat keberhasilan penggunaan teknik serangga mandul sebagai berikut:

- a. Kemampuan pemeliharaan serangga/vektor secara massal dengan biaya murah.
- b. Serangga vektor sebagai target pengendalian harus dapat menyebar ke dalam populasi sehingga dapat diperoleh serangga fertil di lapangan (alami) baik jantan maupun betina.
- c. Irradiasi harus tidak menimbulkan pengaruh negatif terhadap perilaku kawin dan umur vektor.
- d. Produksi sperma jantan irradiasi harus sama dengan produksi sperma jantan alam.

- e. Serangga vektor yang akan dikendalikan harus dalam populasi rendah atau harus dikendalikan dengan teknik lain agar cukup rendah sehingga cukup ekonomis untuk dikendalikan dengan TSM.
- f. Biaya pengendalian dengan teknik serangga mandul harus lebih murah bila dibanding dengan teknik konvensional.
- g. Perlu justifikasi yang kuat untuk penerapan biaya yang lebih tinggi dibandingkan dengan teknik konvensional apabila dengan TSM diperoleh keuntungan untuk perlindungan kesehatan dan lingkungan.⁹⁷

Metode Cold Fogging

Cold Fogging dilakukan di dalam ruangan dengan menggunakan alat ULV. Mesin ini dioperasikan dengan cara dijinjing dan diangkat memutar ruangan. Alat ini bekerja menggunakan komponen penghasil aerosol untuk menyemprot di dalam ruangan. Pada alat tidak ditemukan bagian tajam dan aman sehingga tidak akan mencelakai operator yang melaksanakan kegiatan secara normal. Komponen bergerak dan knalpot ditutup dan dilindungi agar tidak membahayakan operator ketika menggunakan alat tersebut. Tombol yang ada pada alat serta tuas terpasang secara tetap pada mesin dan ada tanda yang jelas untuk tiap tombol pengoperasiannya. Berat alat ketika tangki terisi penuh berkisar tidak lebih dari 20 kg untuk versi jinjing dan 25 kg untuk model yang terpasang pada rangka model gendong.

Fungsi dari cold fogging sendiri adalah untuk membasmi nyamuk dewasa yang berada di dalam ruangan (indoor). Cold Fogging akan dilakukan sesuai permintaan dari pihak atau unit yang membutuhkan. Dalam sebulan minimal dilakukan 2-3 kali tergantung permintaan dari kepala unit di Rumah Sakit tersebut. Selama melaksanakan penelitian di RS X Surabaya cold fogging dilaksanakan satu kali yaitu di ruangan laundry (linen). Selama proses

⁹⁷ Nurhayati, S. (2005). Prospek Pemanfaatan Radiasi. *Buletin Alara*, 7(1-2).

penyemprotan seluruh linen ditutupi menggunakan plastik supaya bahan kimia yang disemprotkan tidak menempel di kain yang sudah selesai dicuci. Untuk proses pelaksanaan cold fogging sendiri dilakukan kurang lebih sekitar 20-25 menit setelah itu ruang laundry bisa digunakan kembali secara normal.

Metode Spraying (Penyemprotan)

Spraying dilaksanakan di tempat yang dapat penampungan air seperti saluran pembuangan IPAL, taman, kolam, dan sebagainya. Fungsinya untuk membasmi nyamuk dewasa. Alat yang digunakan berupa nozzle stick dengan tangki berisi zat kimia. Alat tersebut terpasang pada rangka sehingga aman untuk digendong di bahu belakang operator. Berat perkiraan tidak lebih dari 25 kg ketika tangki penuh dan pada pengoperasian normal. Lubang pengisian tangki diameternya tidak lebih dari 90 mm dan klep tekanan harus terletak di atas alat semprot dan mampu membuang habis tekanan. Tali sandang/ gesper untuk mengangkat alat memiliki lebar 50 mm dan panjang yang bisa dengan mudah diatur minimal memiliki panjang 100 cm. Tali sandang dan pengencangnya harus mampu bertahan pada uji jatuh.⁹⁸

Upaya Pemberantasan Malaria

Upaya pemberantasan malaria telah lama dilakukan, namun hasilnya masih belum sesuai dengan harapan. Kendala umum yang dijumpai dalam pemberantasan malaria ini antara lain disamping kualitas pemberantasan khususnya dalam penyemprotan rumah belum sesuai dengan syarat-syarat yang ditentukan. Upaya pemberantasan juga belum didasarkan pada pengetahuan bionomik vektornya

⁹⁸ Sulityorini, E. A. (2018). Pengendalian Vektor Nyamuk *Aedes Aegypti*. *The Indonesian Journal of Public Health*, 13(1).

sehingga tindakan yang dilakukan tidak efektif dan efisien belum tepat sasaran, belum tepat waktu dan cara, jenis dan dosis insektisida juga tidak tepat. Pengendalian vektor dengan cara konvensional menggunakan insektisida diketahui kurang efektif karena dapat mengakibatkan matinya flora maupun fauna non target, timbulnya pencemaran lingkungan dan resistensi terhadap insektisida tertentu bahkan sering terjadi resistensi silang (cross resistance), yang mengurangi efektifitas pengendalian. Karena upaya pengendalian malaria belum memberikan hasil yang memadai, maka diperlukan cara lain untuk membantu pemberantasan vektor malaria, antara lain dengan Teknik Serangga Mandul (TSM).⁹⁹

Teknologi nuklir merupakan salah satu teknologi yang mengalami kemajuan pesat dalam pemanfaatannya pada berbagai sektor seperti bidang pertanian dan kesehatan. Teknologi Nuklir adalah teknologi yang memanfaatkan radiasi/radioisotop untuk memecahkan masalah penelitian dan pengembangan karena memiliki sifat kimiawi dan sifat fisis yang sama dengan zat kimia biasa namun mempunyai kelebihan sifat fisis yaitu dapat memancarkan radiasi⁷. Radiasi gamma dan neutron dapat dimanfaatkan untuk pengendalian vektor penyakit melalui teknik TSM. Faktor yang berpengaruh terhadap proses kemandulan pada nyamuk ialah terjadinya infektiditas (tidak dapat menghasilkan telur), in-aktivasi sperma, mutasi letal dominan, aspermia, dan ketidakmampuan kawin dari serangga betina atau jantan.

Radiasi dapat mengurangi produksi telur yang disebabkan karena tidak terjadinya proses oogenesis sehingga tidak terbentuk oogenia atau telur. Aspermia dapat menyebabkan kemandulan karena

⁹⁹ Siti Nurhayati, D. T. (2008). Pemandulan *Anopheles Macullatus* sebagai vektor penyakit malaria. *Prosiding Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan IV*.

radiasi merusak spermatogenesis sehingga tidak terbentuk sperma. Inaktivasi sperma juga dapat menyebabkan kemandulan karena sperma tidak mampu bergerak untuk membuahi sel telur. Faktor penyebab kemandulan yang lain ialah ketidakmampuan kawin, hal ini karena radiasi merusak sel-sel somatik saluran genitalia internal sehingga tidak terjadi pembuahan sel telur. Tujuan pada penelitian ini adalah mengetahui pengaruh berbagai dosis radiasi sinar gamma terhadap kemandulan nyamuk *Anopheles maculatus* sebagai vektor penyakit malaria, sehingga dapat diputus rantai perkembangan penyakitnya.¹⁰⁰

¹⁰⁰ Siti Nurhayati, D. T. (2008). Pemandulan *Anopheles maculatus* sebagai vektor penyakit malaria. *Prosiding Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan IV*.

BAB 7

HIGIENE SANITASI MAKANAN DAN MINUMAN

7.1 Pengertian Hygiene dan Sanitasi Makanan Minuman

Hygiene adalah upaya kesehatan dengan cara memelihara dan melindungi kebersihan subyeknya seperti mencuci tangan dengan air bersih dan sabun untuk melindungi kebersihan tangan, mencuci piring untuk kebersihan piring, membuang bagian makanan yang rusak untuk melindungi keutuhan makanan secara keseluruhan (Depkes RI, 2004).¹⁰¹

Yang dimaksud dengan sanitasi adalah suatu usaha pencegahan penyakit yang menitikberatkan kegiatan pada usaha kesehatan lingkungan hidup manusia.¹⁰² Sanitasi adalah upaya kesehatan dengan cara memelihara dan melindungi kebersihan lingkungan dari subyeknya. Misalnya, menyediakan air yang bersih untuk keperluan mencuci tangan, menyediakan tempat sampah untuk wadah sampah agar sampah tidak dibuang sembarangan.¹⁰³ Hygiene dan sanitasi tidak dapat dipisahkan satu sama lain karena berhubungan erat kaitannya. Misalnya, higienenya sudah baik karena mau mencuci tangan, tetapi sanitasinya tidak mendukung karena tidak cukup tersedia air bersih, maka mencuci tangan tidak sempurna.¹⁰⁴

Makanan jajanan adalah makanan dan minuman yang diolah oleh pengrajin makanan di tempat penjualan dan disajikan sebagai makanan siap santap untuk dijual bagi umum selain yang disajikan jasa boga, rumah makan/restoran dan hotel. Terdapat tiga fungsi dari makanan. Pertama, makanan sebagai sumber energi karena panas dapat dihasilkan dari makanan seperti juga energi. Kedua, makanan sebagai zat pembangun karena makanan berguna untuk

¹⁰¹ Depkes RI. 2004. Higiene Sanitasi Makanan dan Minuman. Dirjen PPL dan PM. Jakarta.

¹⁰² Widyati. 2002. Hygiene & Sanitasi Umum dan Perhotelan. Jakarta

¹⁰³ Chandra, B. 2007. Pengantar Kesehatan Lingkungan. Jakarta.

¹⁰⁴ Dewanti, R dan Hariyadi. 2011. Food Safety Issues In South East Asia. Department of Food Science and Technology.

membangun jaringan tubuh yang baru, memelihara dan memperbaiki jaringan tubuh yang sudah tua. Ketiga, makan sebagai zat pengatur karena makanan turut serta mengatur proses alami, kimia, dan proses faal dalam tubuh.

Hygiene menurut Depkes adalah upaya kesehatan dengan cara memelihara dan melindungi kebersihan individu. Misalnya mencuci tangan untuk melindungi kebersihan tangan, mencuci piring untuk melindungi kebersihan piring, membuang bagian makanan yang rusak untuk melindungi keutuhan makanan secara keseluruhan. Untuk mencegah terjadinya kontaminasi makanan dengan zat – zat yang dapat mengakibatkan gangguan kesehatan diperlukan penerapan sanitasi makanan.

Sanitasi makanan dan minuman adalah upaya – upaya yang ditunjukan untuk kebersihan dan keamanan makanan agar tidak menimbulkan bahaya atau keracunan. Terdapat tiga faktor yang menyebabkan buruknya sanitasi dalam makanan yaitu faktor fisik, faktor kimia dan faktor mikrobiologi. Aturan mengenai pelaksanaan hygiene sanitasi makanan dan minuman tercantum dalam Undang – Undang No.9/ 1960 tentang Pokok – Pokok Kesehatan dan Undang – Undang no. 11/1962 tentang Hygiene untuk Usaha – Usaha Umum.

Jadi, tubuh yang sehat karena makanan dan minumannya sehat sedangkan apabila makanan dan minumannya sudah terkontaminasi atau tidak hygiene sanitasi akan menyebabkan penyakit. Sebagai konsumsi diharuskan tahu mengenai makanan dan minuman yang terjamin baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya dengan cara memerhatikan hygiene sanitasi makanan dan minuman

7.2 Prinsip Hygiene Sanitasi Makanan dan Minuman

Pengertian dari prinsip hygiene sanitasi makanan dan minuman adalah pengendalian terhadap empat faktor yaitu tempat/bangunan, peralatan, orang dan bahan makanan. Terdapat (enam) prinsip hygiene sanitasi makanan dan minuman yaitu ¹⁰⁵:

1. Pemilihan bahan makanan.

¹⁰⁵ Depkes RI. 2004. Higiene Sanitasi Makanan dan Minuman. Dirjen PPL dan PM. Jakarta.

Kualitas bahan makanan yang baik dapat dilihat melalui ciri - ciri fisik dalam hal ini bentuk, warna, kesegaran, bau dan lainnya. Bahan makanan yang baik terbebas dari kerusakan dan pencemaran termasuk pencemaran oleh bahan kimia seperti pestisida. Bahan makanan atau minuman disebut aman bila memenuhi (empat) kriteria, antara lain¹⁰⁶ :

- a. Tingkat kematangan sesuai dengan yang diinginkan.
- b. Bebas dari pencemaran pada tahapan proses.
- c. Bebas dari adanya perubahan secara fisik atau kimia akibat faktor – faktor luar.
- d. Bebas dari mikroorganisme dan parasit penyebab penyakit.

2. Penyimpanan bahan makanan.

Tidak semua bahan makanan yang tersedia langsung dikonsumsi oleh masyarakat. Bahan makanan yang tidak segera diolah terutama untuk catering dan penyelenggara makanan RS perlu penyimpanan yang baik, mengingat sifat bahan makanan yang berbeda – beda dan dapat membusuk, sehingga kualitasnya dapat terjaga. Cara penyimpanan yang memenuhi syarat hygiene sanitasi makanan dan minuman sebagai berikut :

- a. Penyimpanan harus dilakukan ditempat khusus (gudang) yang bersih dan memenuhi syarat.
- b. Barang –barang agar disusun dengan baik sehingga mudah diambil, tidak memberi kesempatan serangga atau tikus untuk bersarang, terhindar dari dari lalat/tikus dan untuk produk yang mudah busuk atau rusak agar disimpan pada suhu yang dingin.

Penyimpanan bahan makanan yang tidak baik terutama dalam jumlah yang banyak dapat menyebabkan kerusakan bahan makanan tersebut. Adapun tatacara penyimpanan yang baik menurut hygiene sanitasi makanan yaitu:

- a. Suhu penyimpanan yang baik.

¹⁰⁶ Kusmayadi, Aji dan Dadang Sukandar.2008. Cara Memilih dan Mengolah Makanan untuk Perbaikan Gizi Masyarakat.

Setiap bahan makanan mempunyai spesifikasi dalam penyimpanan tergantung kepada besar dan banyaknya makanan dan tempat penyimpanannya. Sebagian besar dapat dikelompokkan menjadi :

a. Makanan jenis daging, ikan, udang dan olahannya.

- 1) Menyimpan sampai tiga hari : -5° sampai 0°C .
- 2) Penyimpanan untuk satu minggu : -19° sampai -5°C .
- 3) Penyimpanan lebih dari satu minggu: dibawah -10°C .

b. Makanan jenis telur, susu dan olahannya.

- 1) Penyimpanan sampai tiga hari : -5° sampai 7°C .
- 2) Penyimpanan untuk satu minggu : dibawah -5°C .
- 3) Penyimpanan paling lama untuk satu minggu : dibawah -5°C .

c. Makanan jenis sayuran dan minuman dengan waktu penyimpanan paling lama satu minggu, yaitu 7° sampai 10°C . Tepung, biji – bijian dan umbi kering pada suhu kamar (25°C).

Penyimpanan Suhu Rendah Dapat berupa :

- 1) Lemari pendingin yang mampu mencapai suhu 10° - 15°C untuk penyimpanan sayuran, minuman dan buah serta untuk *display* penjualam makanan dan minuman.
- 2) Lemari es (kulkas) yang mampu mencapai suhu 1° - 4°C dalam keadaan ini dapat digunakan untuk minuman dan makanan siap santap dan telur.
- 3) Lemari es (*freezer*) yang dapat mencapai suhu -5°C , dapat digunakan untuk penyimpanan daging, unggas, ikan dengan waktu tidak lebih dari tiga hari.
- 4) Kamar beku yang merupakan ruangan khusus untuk menyimpan makanan beku (*frozen food*) dengan suhu mencapai -20°C untuk menyimpan daging dan makanan beku dalam jangka waktu lama.

Penyimpanan Suhu Kamar

Untuk makanan kering dan makanan olahan yang disimpan dalam suhu kamar, maka cara penyimpanan harus diatur sebagai berikut :

- 1) Makanan diletakkan dalam rak – rak yang tidak menempel pada dinding, lantai dan langit – langit, maksudnya :
 - a. Untuk sirkulasi udara agar udara segar dapat segera masuk ke seluruh ruangan.
 - b. Mencegah kemungkinan jamahan dan tempat persembunyian tikus.
 - c. Untuk memudahkan pembersihan lantai.
 - d. Untuk mempermudah dilakukan stok opname.
- 2) Setiap makanan ditempatkan dalam kelompoknya dan tidak bercampur baur.
- 3) Untuk bahan yang mudah tercecer seperti gula pasir, tepung ditempatkan dalam wadah penampungan sehingga tidak mengotori lantai.

b. Cara penyimpanan sesuai dengan keadaan bahan makanan.¹⁰⁷

- 1) Setiap bahan makanan yang disimpan diatur ketebalannya, maksudnya agar suhu dapat merata keseluruhan bagian.
- 2) Setiap bahan makanan ditempatkan secara terpisah menurut jenisnya, dalam wadah (*container*) masing – masing. Wadah dapat berupa bak, kantong plastik atau lemari yang berbeda.
- 3) Makanan disimpan di dalam ruangan penyimpanan sedemikian hingga terjadi sirkulasi udara yang baik agar suhu merata keseluruhan bagian. Pengisian lemari yang terlalu padat akan mengurangi manfaat penyimpanan karena suhunya tidak sesuai dengan kebutuhan.
- 4) Penyimpanan di dalam lemari es.

¹⁰⁷ Novianty, F., Ismayanti, M., Fauziah, P. S., Setyono, R. A., & Suhardiyono, T. (2015). *hygienen sanitasi makanan dan minuman*. 20.

Bahan mentah harus terpisah dari makanan siap santap. Makanan yang berbau tajam harus ditutup dalam kantong plastik yang rapat dan dipisahkan dari makanan lain, kalau mungkin dalam lemari yang berbeda, kalau tidak letaknya harus berjauhan. Makanan yang disimpan tidak lebih dari dua atau tiga hari harus sudah digunakan. Lemari tidak boleh terlalu sering dibuka, maka dianjurkan lemari untuk keperluan sehari – hari dipisahkan dengan lemari untuk keperluan penyimpanan makanan.

Penyimpanan Makanan Kering :

- Suhu cukup sejuk, udara kering dengan ventilasi yang baik.
- Ruangan bersih , kering, lantai dan dinding tidak lembab.
- Rak – rak berjarak minimal 15 cm dari dinding lantai dan 60 cm dari langit – langit.
- Rak mudah dibersihkan dan dipindahkan.

Penempatan dan pengambilan barang diatur dengan siste FIFO (First In First Out) artinya makanan yang masuk terlebih dahulu harus dikeluarkan lebih dahulu.¹⁰⁸

3. Pengolahan makanan.

Pada proses atau cara pengolahan makanan ada tiga hal yang perlu mendapatkan perhatian yaitu :

a. Tempat pengolahan makanan.

Tempat pengolahan makanan adalah suatu tempat dimana makanan diolah, tempat pengolahan ini sering disebut dapur. Dapur mempunyai peranan penting dalam proses pengolahan makanan, karena itu kebersihan dapur dan lingkungan sekitarnya harus selalu dijaga dan diperhatikan.

¹⁰⁸ Kepmenkes RI No. 942/MENKES/SK/VII/2003 tentang Pedoman Persyaratan Hygiene Sanitasi Makanan Jajanan.

b. Tenaga pengolahan makanan dan penjamah makanan.

Penjamah makanan menurut depkes RI (2006) adalah orang yang secara langsung berhubungan dengan makanan dan peralatan mulai dari tahap persiapan, pembersihan, pengolahan serta pengangkutan sampai penyajian. Dalam proses pengolahan makanan, peran dari penjamah makanan sangatlah besar peranannya. Penjamah makanan ini mempunyai peluang untuk menularkan penyakit. Banyak infeksi yang ditularkan melalui penjamah makanan antara lain *staphylococcus aureus* ditularkan melalui hidung dan tenggorokan, kuman *clostridium perfringens*, *streptococcus*, *salmonella* dapat ditularkan melalui kulit. Oleh sebab itu penjamah makanan harus selalu dalam keadaan sehat dan terampil.

c. Cara pengolahan makanan.

Cara pengolahan yang baik adalah tidak terjadinya kerusakan – kerusakan makanan sebagai akibat cara pengolahan yang salah dan mengikuti kaidah atau prinsip – prinsip hygiene dan sanitasi yang baik atau disebut GMP (*Good Manufacturing Practice*).

4. Penyimpanan makanan masak.

Penyimpanan makanan masak dapat digolongkan menjadi dua, yaitu tempat penyimpanan makanan pada suhu biasa dan tempat penyimpanan pada suhu dingin. Makanan yang sudah membusuk sebaiknya disimpan pada suhu dingin, yaitu $< 4^{\circ}\text{C}$. untuk makanan yang disajikan lebih dari 6 jam disimpan dalam suhu -5 s/d -1°C .

Makanan yang telah matang atau siap saji, tidak semuanya langsung dikonsumsi oleh kita, terutama makanan yang berasal dari catering atau jasa boga. Makanan ini memiliki risiko pencemaran bakteriologis terutama bila dalam penyimpanannya tidak memenuhi syarat hygiene dan sanitasi makanan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penyimpanan makanan masak sebagai berikut :

a. Makanan yang disajikan panas harus tetap disimpan dalam suhu diatas 60°C .

- b. Makanan yang disajikan dingin disimpan dalam suhu dibawah 4°C.
- c. Makanan yang disajikan dalam kondisi panas yang disimpan dengan suhu dibawah 4°C harus dipanaskan kembali sampai 60°C sebelum disajikan.
- d. Suhu makanan yang diangkut dari tempat pengolahan ke tempat penyajian harus dipertahankan.
- e. Makanan yang akan disajikan lebih dari enam jam dari waktu pengolahan harus diatur suhunya pada suhu dibawah 4°C atau dalam keadaan beku 0.
- f. Makanan yang akan disajikan kurang dari enam jam dapat diatur suhunya dengan suhu kamar asal makanan segera dikonsumsi dan tidak menunggu.
- g. Pemanasan kembali makanan beku (reheating) dengan pemanasan biasa atau microwave sampai suhu stabil terendah 60°C.
- h. Hindari suhu makanan berada pada suhu antara 24°C sampai 60°C, karena pada suhu tersebut merupakan suhu terbaik untuk pertumbuhan bakteri pathogen dan puncak optimalnya pada suhu 37°C.
- i. Makanan matang yang akan disajikan jauh dari tempat pengolahan makanan, memerlukan pengangkutan yang baik agar kualitas makanan tetap terjaga.
- j. Setiap makanan mempunyai wadah masing –masing. Isi makanan tidak terlampau penuh untuk mencegah tumpah dan wadah harus mempunyai tutup yang rapat dan tersedia lubang hawa (ventilasi) untuk makanan panas.
- k. Wadah yang digunakan harus utuh, kuat, dan ukurannya memadai dengan makan yang ditempatkan dan tidak berkarat atau bocor.
- l. Pengangkutan untuk waktu yang lama harus diatur suhunya dalam keadaan tetap panas 60°C atau tetap dingin 4°C.
- m. Wadah selama perjalanan tidak terbuka sampai tempat penyajian.
- n. Kendaraan pengangkut disediakan khusus dan tidak bercampur dengan keperluan mengangkut bahan lain.

5. Pengangkutan makanan.

Pengangkutan makanan dari tempat pengolahan ke tempat penyajian atau penyimpanan perlu mendapat perhatian agar tidak terkontaminasi baik dari serangga, debu maupun bakteri. Wadah yang digunakan harus utuh, kuat dan tidak berkarat atau bocor. Pengangkutan untuk waktu yang lama harus diatur suhunya dalam keadaan panas 60°C atau tetap dingin 4°C.

6. Penyajian makanan.

Saat penyajian makanan yang perlu diperhatikan adalah agar makan tersebut terhindar dari pencemaran, peralatan yang digunakan dalam kondisi baik dan bersih, petugas yang menyajikan harus sopan serta senantiasa menjaga kebersihan dan kebersihan pakaiannya.

Penyajian makanan yang tidak baik dan etis, bukan saja dapat mengurangi selera makan seseorang tetapi dapat juga menjadi penyebab kontaminasi terhadap bakteri. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam syarat hygiene sanitasi makanan sebagai berikut :

- a. Wadah artinya setiap jenis makanan ditempatkan dalam wadah terpisah dan diusahakan tertutup. Tujuannya adalah agar makanan tidak terkontaminasi silang, bila satu tercemar yang lain dapat diamankan.
- b. Memperpanjang masa saji makanan sesuai dengan tingkat perawatan makanan.
- c. Prinsip kadar air artinya penempatan makanan yang mengandung kadar air tinggi (kuah, susu) baru dicampur pada saat menjelang dihidangkan untuk mencegah makanan cepat rusak.
- d. Prinsip *edible part* artinya setiap bahan yang disajikan dalam penyajian adalah merupakan bahan makanan yang dapat dimakan.
- e. Prinsip pemisahan artinya makanan yang tidak ditempatkan dalam wadah seperti makanan dalam kotak (dus) atau rantang harus dipisahkan setiap jenis makanan agar tidak saling bercampur.

- f. Prinsip panas yaitu setiap penyajian yang disajikan panas, diusahakan tetap dalam keadaan panas seperti sup, gulai dan sebagainya.
- g. Prinsip alat bersih artinya setiap peralatan yang digunakan seperti wadah dan tutupnya, dus, piring, gelas, mangkok, harus bersih dan dalam kondisi baik.
- h. Bersih artinya sudah dicuci dengan cara yang hygiene. Baik artinya utuh, tidak rusak, atau cacat dan bekas pakai.
- i. Prinsip *handling* artinya setiap penanganan makanan maupun alat makan tidak kontak langsung dengan anggota tubuh terutama tangan dan bibir.

7.3 Bahan Berbahaya pada Makanan (Biologi, Kimia, Fisik)

Potensi bahaya adalah suatu bahan biologis, kimia, atau fisik yang dapat menyebabkan sakit atau cidera jika tidak ada pengendalian terhadapnya. Potensi bahaya tidak termasuk pemalsuan dan pelanggaran peraturan, serangga, rambut, atau cecair lain yang mudah dan jelas terlihat.¹⁰⁹

1. Potensi Bahaya Biologis (Mikroorganisme)

Beberapa Mikroorganisme menguntungkan dan sangat dibutuhkan. Namun patogen atau mikroorganisme penyebab penyakit perlu diwaspadai. Contoh produk samping mikroorganisme yang dipakai industri : yeast penting untuk pembuatan roti dan minuman beralkohol, bakteri asam laktat penting untuk yogurt, keju, fermentasi daging. Adapun potensi bahaya mikrobiologi berupa bakteri, virus, dan protozoa. Potensi bahaya bakteri berupa infeksi makanan dan intoksikasi makanan (*Staphylococcus aureus* menghasilkan enterotoksin penyebab diare, *Vibrio cholerae* menyebabkan kolera). Potensi bahaya virus yaitu virus hepatitis, dan Norwalk virus. Potensi bahaya protozoa dalam perannya sebagai

¹⁰⁹ Rakhmawati, A. (2013). POTENSI HAZARD BAHAN PANGAN . *Pelatihan Identifikasi Potensi Hazard Bahan Pangan*, 9.

parasit dalam makanan yang menginfeksi makanan melalui konsumsi makanan (misal cacing).

Pangan jajanan tidak aman dari bahaya mikrobiologis karena bahan baku tidak aman (ikan dan hasil laut dari perairan tercemar, sayur dan buah dari lingkungan tercemar), terjadi kontaminasi silang (dari pangan mentah, peralatan tidak sanitasi, atau pekerja ke pangan matang), jarak waktu dari persiapan pangan sampai konsumsi terlalu lama (> 6 jam) sehingga mikroorganisme mampu tumbuh dan berkembang biak.

2. Potensi Bahaya Kimia

Potensi bahaya kimia dapat berupa alami maupun bahan kimia tambahan. Yang alami adalah toksin (racun) yang terdapat pada kerangkerangan, ikan (pembusukan ikan tuna menghasilkan sejenis toksin dan histamine yang menyebabkan alergi), allergen (kacang dan sea food), jagung (jamur yang tumbuh dapat membuat aflatoksin). Sementara potensi bahaya kimia tambahan (*food additives*) misalnya sodium nitrit bahan pengawet yang dalam konsentrasi tinggi bersifat toksik, vitamin A suplemen dalam konsentrasi tinggi bersifat toksik, zat pewarna FD & C Yellow dapat menimbulkan alergi. Juga ada beberapa bahan kimia tambahan yang tidak disengaja misalnya pestisida dan sejenisnya, pembersih (sanitizer), dan elemen toksik pertanian (pupuk).

Zat aditif pada makanan memiliki beragam bentuk dan ukuran, ada bermacam-macam tetapi mudah untuk dikelompokkan. Terdapat puluhan, bahkan ratusan senyawa kimia yang ditemukan pada zat aditif, sebagian merupakan zat yang bersifat alami, namun banyak juga yang merupakan senyawa sintetik, sehingga di dalam tubuh dianggap sebagai zat asing. Sehingga tubuh memperlakukannya sebagai senyawa asing dan kadang tubuh tidak bisa menerimanya dengan baik. Ada beberapa zat aditif pada makanan yang diketahui dapat menyebabkan reaksi alergi. Sehingga timbul istilah-istilah "food allergies", "food intolerances" dan "dietary irritants" yang dapat mempengaruhi seseorang. Zat aditif pada makanan ditambahkan untuk meningkatkan nilai suatu makanan, mengawetkan

makanan, mempengaruhi keasaman dan kebasaan suatu makanan, memberikan warna atau rasa, dan menjaga konsistensi makanan.

3. Potensi Bahaya Fisik

Merupakan benda-benda asing dalam makanan yang berpotensi membahayakan konsumen seperti gelas bisa melukai, logam atau gigi patah bisa melukai (contoh klip).

a) Pencegahan bahaya biologis:

- 1) Penanganan pangan dalam kondisi bersih dan saniter.
- 2) Pemasakan yang benar.
- 3) Hindari kontaminasi silang.
- 4) Penyimpanan yang aman.
- 5) Penerapan higiene dan sanitasi bagi pekerja, peralatan dan lingkungan sekitar.

b) Pencegahan bahaya kimia:

- 1) Selalu memilih bahan pangan yang baik untuk dikonsumsi.
- 2) Mencuci sayuran dan buah-buahan dengan bersih sebelum diolah dan dimakan.
- 3) Menggunakan air bersih (tidak tercemar) untuk menangani dan mengolah bahan makanan.
- 4) Tidak menggunakan bahan tambahan (pewarna, pengawet, dan pemanis) yang dilarang untuk pangan.
- 5) Menggunakan bahan kimia yang dibutuhkan seperlunya dan tidak melebihi dosis yang diijinkan.

c) Pencegahan bahaya fisik:

- 1) Mengeluarkan benda asing dengan melakukan sortasi dan pengamatan visual.
- 2) Tidak menggunakan alat berlogam (stapler, klips) untuk menutup bungkus pangan.
- 3) Tidak menggaruk-garuk kepala ketika bekerja.
- 4) Tidak memakai perhiasan.

7.4 Penyakit Bawaan Makanan dan Keracunan Makanan

Penyakit bawaan makanan yang menyerang manusia dapat terjadi akibat makanan yang dikonsumsi mengandung^{110 111}:

- 1) Parasit. Parasit yang dapat menimbulkan penyakit bawaan makanan pada manusia antar lain :

- a. *T. saginata* (cacing pita sapi)

Cacing ini ditemukan dalam daging sapi dan bila daging sapi itu tidak diolah dengan benar, konsumsinya pada manusia dapat mengakibatkan anemia dan gangguan pada susunan saraf pusat. Pencegahannya adalah dengan memasak daging sapi sampai matang sehingga larva cacing itu mati.

- b. *T. soleum* (cacing pita babi)

Cacing ini biasa ditemukan dalam daging babi dan larvanya dapat tetap hidup pada daging babi yang pengolahannya tidak benar. Larva yang terbawa dalam makanan manusia akan menetap di jaringan otot manusia yang selanjutnya dapat bermigrasi ke mata dan otak sehingga terjadi gangguan pada organ tersebut.

- c. *D. latum*(cacing pita ikan)

Cacing ini ditemukan pada ikan. Konsumsi daging ikan yang pengolahannya tidak benar akan menyebabkan manusia menderita anemia. Pencegahannya adalah dengan memasak daging ikan dengan sempurna. Penyimpanan daging ikan dapat dilakukan dengan proses pembekuan pada suhu dibawah (-10)°C.

- d. *T.spiralis*

¹¹⁰ Rakhmawati, A. (2013). POTENSI HAZARD BAHAN PANGAN . *Pelatihan Identifikasi Potensi Hazard Bahan Pangan*,

¹¹¹ WHO. 2005. Penyakit Bawaan Makanan. Fokus Pendidikan Kesehatan, ECG. Jakarta.

Larva organisme ini menyebabkan penyakit trichinosis dan bahkan kematian (jika jumlah larvanya sangat banyak). Upaya pencegahannya antara lain dengan memasak sisa makanan atau sampah gangrene sebelum diberikan pada ternak (babi), memasak daging secara sempurna, membekukan daging dengan suhu $(-15)^{\circ}\text{C}$ selama 20 hari, mengasinkan atau mengasap daging, menambahkan bahan pengawet, dan melakukan pengawasan terhadap rumah – rumah potongan hewan.

2) Mikroorganisme

Mikroorganisme dapat menyebabkan *foodborne infection*. Makanan berperan sebagai vector dan mikroorganisme yang berhasil masuk akan berkembang biak dalam usus manusia. Penyakit yang disebabkan oleh infeksi pada makanan ini antara lain typhus abdominalis, disentri amuba, dan disentri basiler. Pencegahannya adalah dengan memasak semua bahan makanan sampai matang, melindungi makanan dari kontaminasi binatang pengerat, menyimpan makanan pada suhu kurang dari $(-15)^{\circ}\text{C}$ dan memanaskan makanan pada suhu lebih dari 60°C .

3) Food Poisoning

Food poisoning atau keracunan makanan Keracunan makanan terjadi ketika bakteri atau patogen jenis tertentu yang membawa penyakit mengontaminasi makanan, dapat menyebabkan penyakit keracunan makanan yang sering disebut dengan "keracunan makanan". Salmonella, Campylobacter, Listeria, dan Escherichia coli (E. coli) merupakan jenis bakteri yang kerap menyebabkan keracunan makanan. Sayangnya, beberapa bakteri penyebab keracunan makanan seperti Bacillus cereus menghasilkan racun yang tahan panas, sehingga bakteri ini tidak dapat dilenyapkan melalui proses pemasakan. Penyakit keracunan makanan dapat berujung serius atau bahkan fatal. Penyakit keracunan makanan terjadi dalam kurun waktu 1-3 hari sesudah mengkonsumsi makanan yang terkontaminasi. Hal ini seringkali terjadi di acara publik dimana orang-orang makan dari hidangan prasmanan dengan mengambil makanan

mereka sendiri, bukan dilayani oleh satu pelayan saja. Beberapa penyakit penyebab keracunan makanan yaitu; Salmonellosis (non-typhoidal), Sindrom Haemolytic uraemic, Shigellosis, dan Campylobacteriosis.¹¹²

¹¹² WHO. 2005. Penyakit Bawaan Makanan. Fokus Pendidikan Kesehatan, ECG. Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, J., & Hasibuan, A. F. (2019). Pengaruh Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam Tentang Bahaya Dari Polusi Udara. *Prosiding SNFUR-4*, 2-3.
- Adisasmito, W. 2007. *Sistem Kesehatan, edisi 1*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada
- Aditama, T. Y. (1992). *Polusi Udara dan Kesehatan*. Jakarta: Arcan.
- Arty, I. S. (2005). Pendidikan Lingkungan Hidup Tentang Bahaya Polutan Udara. *Cakrawala Pendidikan*, 24(3), 396-398.
- Basri, S. I. (2010). Pencemaran Udara Dalam Antisipasi Teknis Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan. *SMARTek*, 8(2), 6-7.
- Candrasari, C. R., & Mukono, J. (2013). Hubungan Kualitas Udara Dalam Ruang Dengan Keluhan Penghuni Lembaga Masyarakat Kelas IIA Kabupaten Sidoarjo. *Kesehatan Lingkungan*, 7(1), 21-22.
- Chandra, Budiman. (2007). Pengantar Kesehatan Lingkungan. EGC: Jakarta.
- Didik Sarudji, M. (2006). *KESEHATAN LINGKUNGAN*. Jakarta : Rineka Cipta
- Fitria, L., Susana, D., Hermawati, E., & Wulandari, R. A. (2008). Kualitas Udara dalam Ruang Perpustakaan Universitas X di Tinjau Dari Kualitas Biologi, Fisika, dan Kimiawi. *MAKARA, KESEHATAN*, 12(2), 77-78.
- Ismiyati, Marlita, D., & Saidah, D. (2014). Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Manajemen Transportasi & Logistik*, 1(3), 243.
- Kusnoputranto, Haryoto. (2000). *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia
- Kusnoputranto, Haryoto. (2001). *Kesehatan lingkungan*. Jakarta: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia
- Laila, f., Wulandari, R. A., Hermawati, E., & Susanna, D. (2008). Kualitas Udara dalam Ruang Perpustakaan Universitas "X" Ditinjau dari Kualitas Biologi, Fisik, dan Kimiawi. *Makara Kesehatan*, 12(2), 76-77.
- Megalina, Y. (2015). Pengaruh Pencemaran Udara di Daerah Terminal Amplas Bagi Kehidupan Masyarakat. *Pengabdian Kepada Masyarakat*, 21(79), 96-97.
- Mulia, Ricky.M. (2005). *Pengantar Kesehatan Lingkungan. Edisi pertama*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Novianty, F., Ismayanti, M., Fauziah, P. S., Setyono, R. A., & Suhardiyono, T. (2015). *hygienen sanitasi makanan dan minuman*.

- Nurhayati, S. (2005). PROSPEK PEMANFAATAN RADIASI. *Buletin Alara*, 7(1-2).
- Prasasti, C. i., Mukono, J., & Sudarmaji. (2005). Pengaruh Kualitas Udara dalam Ruangan Ber-AC Terhadap Gangguan Kesehatan. *Kesehatan Lingkungan*, 1(2), 162-163.
- R, D. R. (2008). Teknik Pengendalian Pencemaran Udara Yang Diakibatkan oleh Partikel. *Momentum*, 4(2)
- Rakhmawati, A. (2013). POTENSI HAZARD BAHAN PANGAN . *Pelatihan Identifikasi Potensi Hazard Bahan Pangan*, 9.
- Rini, T. S. (2005). Kebijakan Sistem Transportasi Kota Surabaya dalam Rangka Pengendalian Pencemaraan Udara Area Transportasi. *Rekayasa Perencanaan*, 1(2), 6.
- Siti Nurhayati, D. T. (2008). PEMANDULAN Anopheles macullatus SEBAGAI VEKTOR PENYAKIT MALARIA . *Prosiding Seminar Nasional Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan IV* .
- Soekidjo, Notoatmodjo. (2007). *Kesehatan Masyarakat Ilmu dan Seni*. Jakarta : Rineka Cipta
- Soemirat. (2002). *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Soeparman dan Suparmin. (2002). *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC
- Sugiharto. (2008). *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Sukar, Tugaswati, A. T., Anwar, A., Haryono, Martono, H., & Muhasim. (2003). Risiko Kesehatan Sistem Pernapasan Akibat Pemanfaatan Bahan Bakar Briket Batubara. *Ekologi Kesehatan*, 2(3), 263.
- Sulityorini, E. A. (2018). PENGENDALIAN VEKTOR NYAMUK AEDES AEGYPTI. *The Indonesian Journal of Public Health*, 13(1).
- Sumantri, A. (2017). *Kesehatan Lingkungan*. Depok: Kencana.
- Waluyo, E. C. (2011). Kajian Tingkat Pencemaran Sulfur Dioksida Dari Industri Di Beberapa Derah Di Indonesia. *Berita Dirgantara*, 12(4), 132-137.